

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Спецлаборатория по лазерной физике и волоконной оптике

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Спецлаборатория по лазерной физике и волоконной оптике относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1: Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2: Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	ПК-1.1: Знание основных принципов работы и методов эксплуатации современной измерительной и оптической аппаратуры, а также полупроводниковых лазерных излучателей ПК-1.2: Умение использовать на практике методы эксплуатации современной лазерной и оптической аппаратуры и оборудования Владение опытом работы на современной радиоэлектронной и оптической аппаратуре и оборудовании	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом	ПК-2.1: Знание основных методов оптических измерений ПК-2.2: Умение использовать основные методы оптических измерений при проведении модельного эксперимента ПК-2.3: Владеть опытом использования основных методов измерений в учебно-	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

	поставленной задачи ПК-2.3: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации. в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики	научном эксперименте		
ПК-3: Способен обрабатывать, оформлять и представлять результаты исследований и разработок в области радиофизики	ПК-3.1: Обрабатывает результаты радиофизических исследований ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес- сообществу	ПК-3.1: Знание основных методов обработки результатов оптических измерений ПК-3.2: Умение применять аналитические и численные методы обработки данных при проведении модельного эксперимента Владеть опытом использования основных методов обработки экспериментальных результатов в учебно-научном эксперименте	Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	0
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	22
- КСР	1
самостоятельная работа	49
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Предварительное собеседование по проведению лабораторной работы (допуск к работе)	14		4	4	10
Выполнение экспериментального комплекса заданий лабораторной работы	20		10	10	10
Обсуждение результатов выполнения работы (отчет по работе)	37		8	8	29
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	0	22	23	49

Содержание разделов и тем дисциплины

Цель предлагаемой лабораторной работы – дополнить натурным экспериментом соответствующий раздел лекционного теоретического курса «Квантовая и оптическая электроника», а также сформировать представление об основных физических принципах построения систем волоконно-оптической связи, о современной элементной базе, применяемой в волоконной оптике и лазерных измерительных системах. Рассматриваются вопросы, связанные с анализом современной элементной базы квантовой электроники и волоконной оптики, практическими особенностями применения полупроводниковых лазерных диодов в системах радиофизических измерений и передачи информации, а также наиболее важными техническими аспектами, возникающими при использовании полупроводниковых лазерных излучателей в волоконно-оптических схемах.

Предварительное собеседование по проведению лабораторной работы (допуск к работе)

Выполнение экспериментального комплекса заданий лабораторной работы

Обсуждение результатов выполнения работы (отчет по работе)

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Маругин А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ:

Практикум – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 34с.

Рекомендовано методической комиссией радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 02.03.02 «Фундаментальная информатика и

информационные технологии», 03.03.03 «Радиофизика»

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды:

- изучение методических указаний к работе,
- изучение дополнительных вопросов по тематике работы с использованием дополнительной учебной литературы,
- подготовка отчета по результатам выполнения работы и обработке экспериментальных данных

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Что такое нормированная частота, и какие свойства волоконных световодов она определяет?
2. Что такое частота отсечки? Какими параметрами волоконного световода она определяется?
3. В каком диапазоне – 0,6 мкм, 1,3 мкм или 10 мкм легче обеспечить прием сигнала в оптических каналах связи (чувствительность, шумы, эффективность)?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Какой элемент предпочтительней при согласовании многомодового световода и полупроводникового лазера: короткофокусная линза, длиннофокусная линза ?
2. Проанализируйте преимущества и недостатки возможных источников оптического излучения при использовании их в волоконно-оптических линиях связи.
3. Является ли одномодовым волокно, имеющее размеры 10/100 мкм, а ступенчатый профиль кварцевого волновода с перепадом показателя преломления 0,5 %?
4. Найти расстояние, на котором оптическая мощность светового пучка в ВОЛС уменьшится в 10 раз, если волокно характеризуется коэффициентом потерь $\alpha = 0,2$ дБ/км.
5. Оцените эффективность ввода излучения от поверхностно излучающего светодиода в волокно с показателями преломления сердцевин (d=50мкм) и оболочки (D=125мкм) соответственно 1,470 и 1,455. Является ли данное волокно многомодовым? Можно ли оценить его дисперсионные характеристики?

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. У какого световода – одномодового или многомодового – больше NA и почему?
2. Как оценить из результатов измерений скачок показателя преломления между центром волокна и его оболочкой для одномодового и многомодового световодов?

3. Чем отличается выходная характеристика (зависимость мощности от тока) для полупроводникового лазера и полупроводникового светодиода, работающих на одинаковых длинах волн?
4. Объяснить появление «ромашки» (лепесткового вида диаграммы) в изображении выходного торца световода.
5. Каким будет спектральный состав излучения на выходе многомодового световода, если он возбуждается излучением одночастотного лазера?
6. Какой спектр будет на выходе одномодового световода, если он согласован с двухчастотным лазером на входе?
7. Какой элемент предпочтительней при согласовании световода и полупроводникового лазера: короткофокусная линза, длиннофокусная линза ?
8. Является ли одномодовым волокно, имеющее размеры 10/100 мкм, а ступенчатый профиль кварцевого волновода с перепадом показателя преломления 0,5 % ?
9. Найти расстояние, где оптическая мощность светового пучка в ВОЛС уменьшится в 10 раз, если волокно характеризуется коэффициентом потерь $\alpha = 0,2$ дБ/км.
10. Оптическое волокно представляет собой однослойный кварцевый световод с показателем преломления 1,50 (без внешней оболочки). Какие свойства отличают его в сравнении с обычными многомодовыми двухслойными волокнами.
11. Оценить значение максимального возможного для полупроводникового лазера значения эффективности (мВт/мА) выхода на длинах волн 0,65 мкм и 1,3 мкм.
12. Оцените эффективность ввода излучения от поверхностно излучающего светодиода в волокно с показателями преломления сердцевин (d=50мкм) и оболочки (D=125мкм) соответственно 1,470 и 1,455. Является ли данное волокно многомодовым ?

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Ввод оптического излучения в волокно.
2. Понятие числовой апертуры волоконного световода.
3. Распространение оптических волн в волоконном световоде в приближении геометрической оптики. Фазовая лучевая модель формирования модовой структуры в ступенчатом ВС.
4. Нормированная частота ВС.
5. Понятие фотона. Какими характеристиками и свойствами обладает фотон?
6. Индуцированное и спонтанное излучение фотона. Как выглядит соотношение между вероятностями индуцированного и спонтанного процессов.
7. Что такое термодинамически равновесная система? неравновесная? Что означает понятие инверсии населенностей (картинка). Метод оптической накачки в лазерах.
8. Как распространяется излучение в усиливающей среде? в поглощающей среде? Закон Бугера. Что означает коэффициент усиления в оптике лазеров?
9. Условие самовозбуждения оптического квантового генератора.
10. Оптический лазерный резонатор, его основные параметры.
11. Полупроводниковый инжекционный лазер, принцип действия и выходная ватт-амперная характеристика.
12. Какими параметрами определяется длина волны (частота) лазерного излучения?
13. Волоконные световоды. Общий принцип формирования световода. Что такое мода волоконного световода? Какой световод называется одномодовым?
14. Детектирование оптических сигналов. Как работает фотодиод? Чем определяется спектральная зависимость чувствительности фотодиодного приемника к излучению?
15. Что такое нормированная частота волоконного световода и какие свойства световодов она определяет?
 - Объяснить принцип детектирования лазерного излучения. Можно ли использовать стандартный кремниевый фотодиод для регистрации излучения лазера с длиной волны 0,8 мкм ? 1,3 мкм?

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Основные типы световодов, их геометрические и технологические особенности.
2. Дисперсионное уравнение и дисперсионные характеристики ВС. Условие отсечки мод.
3. Одномодовый световод
4. Физические причины затухания в волокнах. Оптическое поглощение в регулярных и нерегулярных ВС.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Количественные оценки уровня оптических потерь при согласовании ВС с источниками излучения.
2. Принцип работы и характеристики полупроводникового лазера
3. Сравнительный анализ полупроводниковых лазеров разных диапазонов длин волн
4. Детектирование лазерного излучения.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Минимально допустимый уровень знаний и выше. Допущенные ошибки не являлись грубыми. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи, возможны негрубые ошибки. Выполнены все задания. Имеется минимальный и выше набор навыков для решения стандартных задач, допускаются некоторые недочеты
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Гауэр Дж. Оптические системы связи / пер. с англ. под ред. А. И. Ларкина. - М. : Радио и связь, 1989. - 500, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00113-2 (в пер.) : 2.50., 3 экз.
2. Гроднев Игорь Измаилович. Волоконно-оптические линии связи : [учеб. пособие для электротехн. ин-тов связи специальности 2305, 2306]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1990. - 223, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00395-X : 0.55., 2 экз.
3. Сорокин Юрий Михайлович. Оптические потери в световодах : монография / ННГУ, Ин-т химии высокочистых веществ РАН. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2000. - 324 с. - 50.00., 25 экз.

Дополнительная литература:

1. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов / пер. с англ. С. Г. Кривошлыкова, В. А.

Черных ; под ред. И. Н. Сисакяна. - М. : Мир, 1984. - 512 с. : ил. - 3.50., 22 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<https://vdocuments.mx/documents/-57ade25f1a28abbe3a9785a6.html?page=1>

Никоноров Н.В., Сидоров А.И. Материалы и технологии волоконной оптики_ оптическое волокно для систем передачи информации.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения лабораторных практикума, текущего контроля и промежуточной аттестации. Для практического выполнения комплекса экспериментальных исследований используется лабораторная учебно-научная установка, обеспечивающая качественное и количественное исследование волоконно-оптических и лазерных систем. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Маругин Алексей Валентинович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Рецензент(ы): Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Оболенский Сергей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.