

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

Оптоэлектронные технологии в информационно-измерительных
системах

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
03.04.03 - Радиофизика

Направленность образовательной программы
Физическая электроника

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Оптоэлектронные технологии в информационно-измерительных системах 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 анализировать и обрабатывать научную информацию и результаты исследований в области радиофизики, микро- и наноэлектроники, мощной электроники при решении задач своей профессиональной деятельности	ПК-1.1: Применяет принципы сбора и анализа информации, рассматривает и оценивает современные научные достижения, а также генерирует новые идеи при решении исследовательских и практических задач ПК-1.2: Работает с большим объемом данных, систематизирует и анализирует информацию, полученную из различных источников, в том числе с использованием современных информационных и коммуникационных технологий	ПК-1.1: Готовность к проведению научно-исследовательской деятельности в области оптоэлектроники и волоконной оптики и волоконной оптики, включая навыки руководства в данном направлении ПК-1.2: Умение анализировать современные модели и задачи в области оптоэлектроники с использованием информационных и коммуникационных технологий	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-2: Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования и разработки по отдельным разделам тем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области радиофизики, микро- и наноэлектроники, мощной	ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области микро- и наноэлектроники, мощной электроники, 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	ПК-2.1: Знает проблематику и методы научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области оптоэлектроники ПК-2.2: Знание современных проблем и путей их решения достижений в области оптоэлектроники ПК-2.3:	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

электроники и оформлять их результаты	соответствии с типом поставленной задачи ПК-2.3: Участвует в планировании, подготовке и проведении НИР ПК-2.4: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации по отдельным разделам тем в области микро- и нанoeлектроники, мощной электроники	Умение планировать проведение НИР по тематике современных направлений оптоэлектроники ПК-2.4: Навыки анализа полученных данных и формулирование рекомендаций по итогам научных исследований		
ПК-3: Способен разрабатывать и подготавливать составные части документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	ПК-3.1: Использует знание нормативных документов для составления заявок, грантов, проектов НИР, применяет заданные требования и правила при оформлении рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях ПК-3.2: Представляет результаты НИР академическому и бизнес-сообществу ПК-3.3: Участвует в составлении и подаче конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности Радиофизика	ПК-3.1: Знание нормативных документов при работе в рамках НИР ПК-3.2: Умение сформировать представление о результатах работы ПК-3.3: Умение и навыки использования новейших достижений в области оптоэлектроники при решении задач радиофизики	Опрос	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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	39
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 (часы)	в том числе			
		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	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Введение. Оптические системы. Связь оптоэлектроники и квантовой электроники	4	2	0	2	2
Усиление в активных средах. Эффект насыщения	4	2	0	2	2
Физические принципы генерации лазерного излучения	4	2	0	2	2
Физика твердотельных лазеров	4	2	0	2	2
Спектральные, мощностные и шумовые характеристики современных лазерных излучателей	4	2	0	2	2
Методы управления лазерным излучением	4	2	0	2	2
Детектирование оптических сигналов. Фотоприемники и их предельная чувствительность	4	2	0	2	2
Методы измерения параметров лазерного излучения	5	2	0	2	3
Элементная база систем оптической модуляции лазерного излучения	5	2	0	2	3
Полупроводниковый лазер как элемент оптоэлектронных систем	5	2	0	2	3
Распространение ЭМ волн в волоконном световоде (геометрическая и волновая оптика)	7	4	0	4	3
Согласование элементов волоконной и планарной оптики	5	2	0	2	3
Оптические и волоконно-оптические сенсоры и датчики	5	2	0	2	3
Интегральная оптоэлектроника	5	2	0	2	3
Перспективные области применения современных оптоэлектронных технологий	6	2	0	2	4
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Оптические системы. Связь оптоэлектроники и квантовой электроники Специфические особенности систем оптического диапазона. Источники излучения, фотоприемники и линии передач в оптических системах.

Усиление в активных средах. Эффект насыщения Двухуровневая идеализация при рассмотрении активных сред. Взаимодействие двухуровневой среды с электромагнитным резонансным полем. Материальные уравнения для поляризации и разности населенностей активной среды. Насыщение перехода в сильных полях.

Физические принципы генерации лазерного излучения Активная среда с инверсией как основа

квантового генератора. Методы создания инверсии в современных лазерных излучателях. Открытые оптические резонаторы. Добротность резонатора, время жизни фотона в резонаторе. Условие самовозбуждения лазерного излучателя.

Физика твердотельных лазеров Активные среды твердотельных лазеров. Взаимодействие матрицы и ионов, безызлучательная релаксация. Межионное взаимодействие, ап-конверсия, кросс-релаксация. Оптическая накачка. Методы ввода и излучения накачки. КПД. Диодные линейки и матрицы. Методы ввода излучения полупроводниковых лазеров в активные элементы. Оптические резонаторы. Устойчивость резонатора. Влияние наводимых в активных средах линз на характеристики резонатора. Согласование параметров резонатора с областью накачки. Схемы резонаторов с продольной и поперечной накачкой.

Спектральные, мощностные и шумовые характеристики современных лазерных излучателей Основные характеристики лазерных кристаллов. Редкоземельные элементы, элементы группы железа. Спектральные характеристики кристаллов, допированных ионами Nd, Yb, Tm, Ho, Cr, Ti. Полупроводниковые лазеры. Принцип работы и основные характеристики. Методы управления спектральными характеристиками. Шумовые свойства полупроводникового лазера. Стабильность и надежность лазерных диодов

Аналитические оптические системы на основе лазеров Лазерная спектроскопия высокого разрешения. Основные принципы. Спектроскопия насыщения. Двухфотонная спектроскопия Применение полупроводниковых лазеров в измерительных системах. Лазерный гироскоп. Физические принципы измерения угловых величин. Лазерный доплеровский измеритель скорости объекта. Лазерная спектроскопия. Абсорбционная спектроскопия ближнего ИК-диапазона. Лазерная интерферометрия. Прецизионные измерения физических величин с помощью интерферометров на основе ПЛ. Методы измерения параметров лазерного излучения Временные и пространственные спектры излучения. Классификация спектров. Основные различия временных и пространственных частот. Изменение амплитуды, фазы и частоты гармоник при прохождении электромагнитного излучения через линейные системы. Связь между пространственными и временными частотами.

Детектирование оптических сигналов. Фотоприемники и их предельная чувствительность Фотодиоды и их свойства. Квантовый выход идеального фотоприемника. Предельная чувствительность фотодиода. Быстродействующие фотоприемники (р-і-п фотодиоды, лавинные фотодиоды). Конструкция. Характеристики. Другие электронные устройства, применяемые в оптических системах связи. Методы управления лазерным излучением Модуляция лазерного излучения. Электрооптическая и магнитооптическая модуляция. Взаимодействие света с акустическими волнами; дифракция Брэгга и Рамана-Ната. Нестационарные режимы генерации. Методы повышения мощности генерации лазеров. Метод модулированной добротности. Метод синхронизации мод в лазерах. Генерация гигантских импульсов.

Элементная база систем оптической модуляции лазерного излучения Электрооптические и акустооптические модуляторы и дефлекторы. Оптические изоляторы Полупроводниковый лазер как элемент оптоэлектронных систем Принцип работы полупроводникового лазера (ПЛ). Оптические гетероструктуры. Процессы излучательной рекомбинации. Инверсия и усиление в полупроводниковой активной среде. Физические параметры и рабочие характеристики ПЛ. Квантовая эффективность. Диаграмма направленности излучения. Спектрально-энергетические свойства излучателей

Прямая модуляция излучения полупроводникового лазера Модуляционные свойства полупроводникового лазера. Релаксационный пик. Полоса модуляции. СВЧ-особенности при модуляции лазерного излучения. Типы современных ПЛ, применяемых в системах связи.

Распространение ЭМ волн в волоконном световоде (геометрическая и волновая оптика) Общие характеристики оптических волокон. Типы волокон. Распространение оптических волн в волоконном световоде (геометрическое приближение, волновое приближение). Ввод оптического излучения в волокно. Понятие числовой апертуры. Распространение оптических волн в волоконном световоде (ВС) в приближении геометрической оптики. Фазовая лучевая модель формирования модовой структуры в

ступенчатом ВС. Нормированная частота ВС. Основные типы световодов, их геометрические и технологические особенности. Волновая модель распространения электромагнитных волн в ВС. Волновое уравнение для цилиндрического волновода.

Модовая структура ЭМП в волоконных световодах Элементная база волоконной оптики. Одномодовый световод, многомодовый световод, анизотропные волокна, Волоконные преобразователи излучения. Дисперсионное уравнение и дисперсионные характеристики ВС. Условие отсечки мод.

Дисперсия и потери в волоконных световодах Материальная дисперсия в волокне. Оценки величин. Волноводная дисперсия в ВС. Сравнение влияния разных дисперсионных механизмов на расплывание волнового пакета в ВС. Физические причины затухания в волокнах. Оптическое поглощение в регулярных и нерегулярных ВС. Рэлеевское рассеяние в волокне. Количественные оценки уровня оптических потерь в ВС. Датчики распределения.

Согласование элементов волоконной и планарной оптики Общая физическая модель согласования волноводных структур. Способы согласования ПЛ и одномодовых волоконных световодов. Элементная база и конфигурация волоконных каналов связи. Источники избыточного шума в волоконных каналах передачи информации.

Современные ВОЛС с частотным уплотнением каналов Пропускная способность оптического канала связи при амплитудной аналоговой модуляции излучателя. Когерентная оптическая связь. Цифровые волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). Аналоговые ВОЛС. Преимущества и недостатки.

Современное состояние и перспективы систем ВОЛС

Оптические и волоконно-оптические сенсоры и датчики Применение полупроводниковых лазеров в измерительных системах. Лазерный гироскоп. Эффект Саньяка. Физические принципы измерения угловых величин. Проблемы современной гироскопии.

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. Лазерная спектроскопия : учебное пособие / Маругин А. В., Савикин А. П., Шарков В. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019. - 85 с. - Рекомендовано методической комиссией радиофизического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 и 03.04.03 «Радиофизика» , 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки. <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=709574&idb=0>

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 - Опрос) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

Типовые вопросы для текущего контроля

1. Инверсия - необходимое условие усиления. Показатель усиления. Сечение перехода.
2. Квантовый выход.
3. Двух-, трёх- и четырёхуровневая схемы лазеров: возможности реализации, достоинства и недостатки. Оптимальная ширина уровней.
4. Зависимость начального коэффициента усиления от скорости накачки. Роль метастабильности верхнего уровня лазерного перехода в создании начального усиления.
5. Влияние насыщения на величину усиления.
6. Тепловая накачка. Молекулярные лазеры.
7. Стационарный режим генерации. Условие порога генерации.
8. Продольные моды резонатора. Резонансные частоты. Добротность резонатора. Формирование спектра выходного излучения лазера.
9. Поперечные моды резонатора. Одномодовый режим генерации.
10. Однородное и неоднородное уширение линии рабочего перехода.
11. Известно, что время жизни электрона в возбужденном состоянии τ . Получить выражение для спектральной формы линии.

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

1. Обосновать необходимость многокомпонентных материалов для приготовления диодных структур. Преимущества и недостатки соединения AlGaAs как материала для лазерных диодов. Привести пример материалов для диодной структуры на «телекоммуникационный» диапазон $\sim 1,3$ мкм
2. Чем определяется ширина полосы лазерного диода как источника информации? Почему светодиоды уступают им по этому параметру? Указать оценки для обоих случаев.
3. Указать и обосновать преимущества лазерных диодов с распределённой обратной связью и распределённым брэгговским отражением по сравнению с диодами

простейшей геометрии.

4. Сравнить эффективность управления сигналами от лазерного диода путём модуляции накачки, модуляции добротности и модуляции выходного пучка.
5. Оценить ширину линии излучения и интервал между продольными модами для типичного лазерного диода
6. Проанализируйте преимущества и недостатки возможных источников оптического излучения при использовании их в волоконно-оптических линиях связи.
7. Оптическое волокно представляет собой однослойный кварцевый световод с показателем преломления 1,50 (без внешней оболочки). Исходя из основных параметров этого световода, дайте его характеристику в сравнении с обычными многомодовыми двухслойными волокнами.
8. Проанализируйте причины избыточных оптических шумов в волоконно-оптических каналах связи.

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

Проводится оценка оформления ответов на вопросы и задания при проведении текущего контроля

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Индикаторы компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне, достаточном для выполнения результатов освоения дисциплины
не зачтено	Хотя бы один из индикаторов компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, не сформирован на уровне, достаточном для выполнения результатов освоения дисциплины

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	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	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	обучающегося от ответа			негрубых ошибок	несущественных ошибок		
<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

Примеры типовых контрольных вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию:

1. Влияние матрицы лазерной среды на спектр усиления.
2. Пространственное существование мод. Межмодовая конкуренция. Эффект затягивания частот.
3. Причины нестационарного режима генерации. Режим свободной генерации. Скоростные уравнения Статца-Де Марса.
4. Режим генерации гигантских импульсов. Активная модуляция добротности резонатора. Пассивная модуляция добротности резонатора.
5. Режим синхронизации продольных мод резонатора.
6. Ион-фононное взаимодействие. Безызлучательная релакляция.
7. Межионное взаимодействие. Ап-конверсия. Кросс-релаксация.
8. Диаграмма энергетических уровней. Трех- и четырехуровневые схемы накачки.
9. Редкоземельные элементы. Элементы группы железа. Спектральные характеристики кристаллов, допированных ионами Nd, Yb, Tm, Ho, Cr, Ti.
10. Ламповая накачка. Спектральные характеристики. Методы ввода излучения накачки.
11. Полупроводниковые лазеры. Принцип работы и основные характеристики.
12. Методы управления спектральными характеристиками полупроводниковых лазеров.
13. Наводимые накачкой линзы в активных средах, влияние линз на параметры резонатора.
14. Влияние согласования мод резонатора с областью накачки на параметры генерации для трех- и четырехуровневых активных сред
15. Nd:АИГ лазер: квантовая схема, преимущество матрицы, организация эффективной накачки.

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

Примеры типовых заданий и вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию:

1. Обосновать необходимость многокомпонентных материалов для приготовления диодных структур.
2. Преимущества и недостатки соединения AlGaAs как материала для лазерных диодов.
3. Привести пример материалов для диодной структуры на «телекоммуникационный» диапазон $\sim 1,3$ мкм

4. Особенности гетероструктуры на основе InGaAsP/InP. Вид ватт-амперной характеристики, спектр лазера и светодиода на её основе.
5. Чем определяется ширина полосы лазерного диода как источника информации? Почему светодиоды уступают им по этому параметру? Указать оценки для обоих случаев.
6. Как и почему зависит от температуры рабочая частота лазерного диода? Почему с ростом температуры снижается эффективность генерации?
7. Указать и обосновать преимущества лазерных диодов с распределённой обратной связью и распределённым брэгговским отражением по сравнению с диодами простейшей геометрии.
8. Сравнить эффективность управления сигналами от лазерного диода путём модуляции накачки, модуляции добротности и модуляции выходного пучка.
9. Оценить ширину линии излучения и интервал между продольными модами для типичного лазерного диода
10. Известны ли вам оптические системы, где наличие когерентного лазерного излучения является нежелательным фактором?
11. Проанализируйте преимущества и недостатки возможных источников оптического излучения при использовании их в волоконно-оптических линиях связи.
12. Оптическое волокно представляет собой однослойный кварцевый световод с показателем преломления 1,50 (без внешней оболочки). Исходя из основных параметров этого световода, дайте его характеристику в сравнении с обычными многомодовыми двухслойными волокнами.
13. Проанализируйте причины избыточных оптических шумов в волоконно-оптических каналах связи.

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

Проводится оценка оформления ответов на вопросы и задания при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Индикаторы компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне, достаточном для выполнения результатов освоения дисциплины
не зачтено	Хотя бы один из индикаторов компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, не сформирован на уровне, достаточном для выполнения результатов

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

Основная литература:

1. Карлов Николай Васильевич. Лекции по квантовой электронике. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 334, [1] с. : ил. - ISBN 5-02-013855-X (в пер.) : 2.20., 3 экз.
2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи / пер. с англ., под ред. Н. Н. Слепова. - М. : Техносфера, 2003. - 440 с. : ил. - (Мир связи). - ISBN 5-94836-010-5. - ISBN 0-471-41477-8 : 320.00., 15 экз.
3. Салех Бахаа Е. А. Оптика и фотоника : принципы и применения : [учеб. пособие : в 2 т.]. Т. 1 / пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 760 с. : цв. вклейка. - ISBN 978-5-91559-038-9 : 2217.60., 5 экз.
4. Салех Бахаа Е. А. Оптика и фотоника : принципы и применения : [учеб. пособие : в 2 т.]. Т. 2 / пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 784 с. : цв. вклейка. - ISBN 978-5-91559-135-5 : 2217.60., 5 экз.

Дополнительная литература:

1. Бочкарев Михаил Николаевич. Органические фотон-электронные преобразователи. Устройства и материалы : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 03.03.03 "Радиофизика", 02.03.02 "Фундам. информатика и информ. технологии" и специальности 090302 "Информ. безопасность телекоммуникац. систем" / ННГУ. - Н. Новгород : [б. и.], 2016 (Тип. ННГУ). - 87 с. - 80.00., 1 экз.
2. Ермаков О. Н. Прикладная оптоэлектроника. - М. : Техносфера, 2004. - 416 с. - (Мир электроники ; 7 - 05). - Библиогр. список: с. 412. - Предмет. указ.: с. 413 - 414. - ISBN 5-94836-023-7 : 225.00., 2 экз.
3. Носов Юрий Романович. Оптоэлектроника. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1989. - 359, [1] с. : ил. - ISBN 5-256-00246-5 : 1.70., 3 экз.

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

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: Мультимедийный проектор

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 03.04.03 - Радиофизика.

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

Заведующий кафедрой: Оболенский Сергей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18.12.2023, протокол № 09/23.