

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

Оптико-электронные устройства

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

Направленность образовательной программы

Прием, анализ и обработка сигналов системами специального назначения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.27 Оптико-электронные устройства относится к обязательной части 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
ОПК-5: Способен учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности	ОПК-5.1: Анализирует современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники ОПК-5.2: Использует современную электронику, измерительную и вычислительную технику	ОПК-5.1: Знание современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, оптико-электронных устройств ОПК-5.2: Владение способностью учитывать в профессиональной деятельности современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, оптико-электронных устройств	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы
ОПК-7: Способен применять методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современной электроники	ОПК-7.1: Понимает основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов ОПК-7.2: Использует основные методы анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов	ОПК-7.1: Знание методов решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современных оптико-электронных устройств ОПК-7.2: Владение методами решения задач анализа и расчета характеристик радиотехнических цепей, аналоговых и цифровых узлов современных оптико-	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

		электронных устройств и обработке информации		
ОПК-9: Способен осваивать работу на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники	ОПК-9.1: Понимает основные методы измерения параметров и характеристик радиотехнических устройств ОПК-9.2: Измеряет параметры электрических сигналов в цепях переменного и постоянного токов, оценивает погрешности измерений	ОПК-9.1: Знание методов работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники и опто-электроники, владением основными приемами обработки и представления экспериментальных данных ОПК-9.2: Владение способностью осваивать работу на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения научно-технических задач в области радиотехники и опто-электроники, владением основными приемами обработки и представления экспериментальных данных	Опрос	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	59
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. Природа света. Геометрическая оптика. Фотоны.	4	2	0	2	2
Распространение света в конденсированных средах.	6	2	0	2	4
Спонтанное и вынужденное излучение.	8	2	2	4	4
Принцип действия оптического квантового генератора	14	4	4	8	6
Активные среды твердотельных лазеров	11	4	0	4	7
Полупроводниковые лазеры	12	4	4	8	4
Модуляция лазерного излучения.	8	2	0	2	6
Методы преобразования частоты лазерного излучения	8	2	0	2	6
Детектирование оптических сигналов	12	4	2	6	6
Распространение оптических волн в волоконном световоде	12	2	2	4	8
Волоконно-оптические линии связи	12	4	2	6	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	16	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины

Введение. Природа света. Способы описания оптического излучения. Геометрическая оптика. Световые волны. Фотоны.

Распространение света в конденсированных средах. Поляризуемость среды.

Равновесное тепловое излучение. Источники некогерентного излучения.

Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты поглощения и усиления. Квантовый усилитель бегущей волны.

Принцип действия оптического квантового генератора. Диаграмма энергетических уровней. Инверсия населённостей. Безызлучательная релаксация. Инкремент усиления. Открытые оптические резонаторы. Добротность резонатора. Условие порога генерации.

Активные среды твердотельных лазеров. Редкоземельные ионы и ионы группы железа. Спектральные характеристики легированных диэлектрических кристаллов.

Оптическая когерентная и некогерентная накачка. Методы ввода излучения накачки. Диодные линейки и матрицы. Схемы резонаторов.

Полупроводниковые лазеры. Принцип работы и основные характеристики. Применение

полупроводниковых лазеров.

Характеристики лазерного излучения. Методы управления спектральными характеристиками.

Селективные резонаторы. Лазеры, перестраиваемые по частоте. Одночастотные лазеры.

Методы измерения спектральных характеристик лазерного излучения. Дисперсионные спектрометры.

Интерферометр Майкельсона. Фурье-спектрометр.

Модуляция лазерного излучения. Электрооптическая модуляция. Эффект Поккельса. Взаимодействие света с акустическими волнами; дифракция Брега. Методы повышения мощности генерации лазера.

Модуляция добротности резонатора. Метод синхронизации мод резонатора. Электрооптические и акустооптические модуляторы и дефлекторы. Оптические изоляторы.

Формирование пространственных характеристик лазерного излучения. Диаграмма направленности излучения оптических квантовых генераторов. Оптические схемы коллимирования световых пучков; фокусировки.

Методы преобразования частоты лазерного излучения. Генерация оптических гармоник. Фазовый синхронизм в нелинейных кристаллах. Параметрическая генерация света. Методы визуализации инфракрасного излучения.

Детектирование оптических сигналов. Характеристики фотоприёмников: квантовый выход; предельная чувствительность; быстродействие; спектральная чувствительность. Фотодиоды. Фотоэлектронные умножители.

Фотоэлектрические приёмники изображения. Многоэлементные фотоприёмники. Электронно-оптические преобразователи.

Распространение оптических волн в волоконном световоде. Ввод оптического излучения в волокно.

Волоконно-оптические линии связи и другие применения световодов.

Лазерный гироскоп. Физические принципы измерения угловых величин.

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.

А.П.Савикин, В.Б.Цареградский ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА.

Методическая разработка для студентов радиофизического факультета ННГУ — Нижний Новгород: ННГУ. 2000. - 16 с.

Маругин А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ: Практикум – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 34с.

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 ОПК-5:

Примеры тестовых контрольных вопросов:

1. Принципиальная схема оптоэлектронной системы.
2. Способы описания оптического излучения. Геометрическая оптика. Световые волны. Фотоны.
3. Равновесное тепловое излучение. Источники некогерентного излучения.
4. Энергетические и световые величины характеризующие источники излучения.
5. Привести основные характеристики источников сплошного спектра: светоизмерительных ламп накаливания, дуговых ламп сверхвысокого давления.
6. Привести основные характеристики источников сплошного спектра: светоизмерительных ламп накаливания, дуговых ламп сверхвысокого давления.
7. Принцип действия приборов с пространственным разделением спектра и со спектральной селективной модуляцией.
8. Привести сравнительные характеристики спектральных приборов. Объяснить области применения призмных, дифракционных, интерференционных спектрометров.
9. Объяснить оптическую схему двух-лучевого интерферометра Майкельсона. Вид интерференционной картины в фокальной плоскости интерферометра.
10. Определение поляризации излучения. Виды поляризации.
11. Поляризационная оптика для ультрафиолетового, видимого, инфракрасного диапазонов спектра.
12. Основные характеристики фотоприёмников: спектральная чувствительность, темновой ток, обнаружительная способность, временное разрешение.
13. Распространение оптических волн в волоконном световоде в приближении геометрической оптики. Фазовая лучевая модель формирования модовой структуры в ступенчатом ВС.
14. Элементная база современной волоконной оптики.
15. Инжекционный лазерный диод на арсениде галлия. Спектральные, пространственные характеристики излучения.
16. Сравнительный анализ генерационных характеристик современных лазерных структур.
17. Устройства для измерения энергетических характеристик лазерного излучения.
18. Спонтанное и вынужденное излучения. Вероятности переходов.
19. Показатель усиления рабочей среды. За счёт каких параметров можно изменять величину усиления?
20. Селективные резонаторы. Дисперсионные, дифракционные, интерференционные селекторы.
21. Спектральные характеристики рабочих сред с активными центрами Cr^{2+} , Fe^{2+} , Tm^{3+} .
22. Резонатор Фабри-Перо. Основные характеристики.
23. Нестационарный режим генерации. Модуляция добротности резонатора.
24. Когерентные источники оптической накачки. Лазерные диоды, линейки и матрицы.
25. Оптические системы управления пространственными характеристиками лазерного излучения.
26. Основные нелинейные явления. Насыщение. Генерация гармоник. Параметрическая генерация света.
27. Нелинейно-оптические кристаллы для преобразования частоты лазерного излучения.
28. Физические принципы измерения угловых величин в лазерных гироскопах.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

1. Привести примеры источников излучения термодинамически неравновесных и анизотропных.
2. Энергетические и световые величины характеризующие источники излучения.
3. Основные параметры некогерентных источников излучения.
4. Объяснить необходимость введения псевдотемператур таких как радиационная, яркостная и цветовая температуры.
5. Что такое световой эквивалент потока излучения?
6. Привести основные характеристики источников сплошного спектра: светоизмерительных ламп накаливания, дуговых ламп сверхвысокого давления.
7. В чём состоит основное отличие теплового источника излучения от когерентного?

1. Пространственное разделение спектра излучения.
2. Принцип действия приборов со спектральной селективной модуляцией.
3. На примере призмного спектрометра объяснить принципиальную схему приборов с пространственным разделением спектров.
4. Основные характеристики спектрометров: угловая дисперсия, обратная линейная дисперсия, аппаратная функция, разрешающая способность, светосила.
5. Дифракционная решётка. Угловая дисперсия, разрешающая способность, переложение порядков, область свободной дисперсии, красная граница.
6. Объяснить преимущества фазовой отражательной дифракционной решётки перед амплитудной.
7. Привести основные характеристики отражательных дифракционных решёток: эшелетт и эшелле (угол блеска, разрешающая способность, область свободной дисперсии).
8. Основные характеристики многолучевого интерферометра Фабри-Перо. Фактор резкости, разрешающая способность, область свободной дисперсии.
9. Объяснить устройство и характеристики интерференционных светофильтров.
10. Привести сравнительные характеристики спектральных приборов. Объяснить области применения призмных, дифракционных, интерференционных спектрометров.
11. Объяснить оптическую схему двух-лучевого интерферометра Майкельсона. Вид интерференционной картины в фокальной плоскости интерферометра.
12. Объяснить способ измерения длины волны лазерного излучения с помощью интерферометра Майкельсона.
13. Схема интерферометра Маха-Цендера. Измеряемые величины.
14. Принцип действия интерферометра Жамена-Лебедева. Чувствительность измерения фазового сдвига.
15. Обсудить схемы интерферометров Твимана-Грина, Вильямса, Доуэлла, Саньяка.
16. Основные характеристики Фурье-спектрометра: аппаратная функция, разрешающая способность, светосила, время регистрации спектра.

1. Определение поляризации излучения. Виды поляризации.
2. Способы получения линейно поляризованного света. Поляризация при отражении. Явление двулучепреломления. Дихроизм двулучепреломления.
3. Линейный и круговой поляризаторы.
4. Поляризационные призмы. Поляроиды.
5. Поляризационная оптика для инфракрасного спектрального диапазона.
6. Объяснить способы измерения линейной и круговой поляризаций.
7. Как измеряются параметры эллиптической поляризации излучения?
8. Предложить метод измерения степени поляризации частично поляризованного излучения.

1. Основные характеристики фотоприёмников: спектральная чувствительность, темновой ток, обнаружительная способность, временное разрешение.
2. Объяснить физические причины шумов фотоприёмников.
3. Основные характеристики плёночных, монокристаллических, легированных фоторезисторов.
4. Основные характеристики фотодиодов.
5. Объяснить принцип действия приборов с зарядовой связью.
6. Фотоэлектронные умножители. Основные характеристики. Метод измерения интегрального тока. Метод счёта фотонов.
7. Объяснить уменьшение отношения сигнал/шум в методе задержанных совпадений.
8. Электронно-оптические преобразователи изображения.

9. Ввод оптического излучения в волокно.
10. Понятие числовой апертуры волоконного световода.
11. Распространение оптических волн в волоконном световоде в приближении геометрической оптики. Фазовая лучевая модель формирования модовой структуры в ступенчатом ВС.
12. Нормированная частота ВС.
13. Основные типы световодов, их геометрические и технологические особенности.
14. Дисперсионное уравнение и дисперсионные характеристики ВС. Условие отсечки мод.
15. Одномодовый световод.
16. Физические причины затухания в волокнах. Оптическое поглощение в регулярных и нерегулярных ВС.
17. Количественные оценки уровня оптических потерь при согласовании ВС с источниками излучения.
18. Элементная база современной волоконной оптики.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Опрос) для оценки сформированности компетенции ОПК-9:

1. Спектральные, энергетические и временные характеристики некогерентных источников накачки. Квантроны.
2. Когерентные источники оптической накачки. Лазерные диоды, линейки и матрицы.
3. Продольная и поперечная схемы накачки.
4. Системы охлаждения квантронов.
5. Диэлектрические и металлические зеркала оптических резонаторов. Спектральные характеристики. Лучевая стойкость.
6. Электрооптический эффект Пккельса. Фазовая и амплитудная модуляция.
7. Электрооптические затворы.
8. Акустооптические модуляторы.
9. Устройства сканирования лазерных пучков.
10. Магнито-оптические вращатели, изоляторы.
11. Оптические системы управления пространственными характеристиками лазерного излучения.
12. Оптические системы для фокусировки лазерного излучения.
13. Телескопическая схема для коллимирования лазерных пучков.
14. Схема призмного расширителя лазерных пучков.
15. Линейная и нелинейная поляризуемости среды.
16. Длина когерентного взаимодействия. Фазовый синхронизм.
17. Выполнение фазового синхронизма в нелинейных кристаллах.
18. Основные нелинейные явления. Насыщение. Генерация гармоник. Параметрическая генерация света.
19. Нелинейно-оптические кристаллы для преобразования частоты лазерного излучения.
20. Визуализаторы лазерного ИК излучения на явлении анти-стоксовой люминесценции.
21. Лазерный и волоконный гироскопы. Физические принципы измерения угловых величин.

Критерии оценивания (оценочное средство - Опрос)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основного материала с незначительными погрешностями или без них
не зачтено	Отсутствие знаний материала Наличие грубых ошибок в основном материале

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 отдельным и 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 некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 ОПК-5

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

-

1. Квантовое описание оптического излучения. Свойства фотонов.
2. Оптические характеристики среды: дисперсия, поглощение.
3. Основные параметры некогерентных источников излучения.
4. Основные характеристики спектрометров: угловая дисперсия, обратная линейная дисперсия, аппаратная функция, разрешающая способность, светосила.
5. Объяснить способ измерения длины волны лазерного излучения с помощью интерферометра Майкельсона.
6. Основные характеристики Фурье-спектрометра: аппаратная функция, разрешающая способность, светосила, время регистрации спектра.
7. Линейный и круговой поляризаторы.
8. Основные характеристики плёночных, монокристаллических, легированных фоторезисторов.
9. Ввод оптического излучения в волокно.
10. Создание инверсии в полупроводниках.
11. Методы ослабления лазерного излучения.
12. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты поглощения и усиления. Квантовый усилитель бегущей волны.
13. Объяснить отличие 4-х уровневой схемы накачки от 3-х уровневой.
14. Активные среды на ионах Nd^{3+} .

15. Полезные излучательные и вредные потери.
16. Спектральные, энергетические и временные характеристики некогерентных источников накачки. Квантроны.
17. Акустооптические модуляторы.
18. Магнито-оптические вращатели, изоляторы.
19. Визуализаторы лазерного ИК излучения на явлении анти-стоксовой люминесценции.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

1. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты поглощения и усиления. Квантовый усилитель бегущей волны.
2. Резонансное взаимодействие излучения с двух уровневой средой. Объяснить три предельных случая взаимодействия.
3. Спонтанное и вынужденное излучения. Вероятности переходов.
4. Распределение населённостей по энергетическим состояниям атомов (ионов) при термодинамическом равновесии.
5. Показать невозможность реализации инверсии населённостей в двух уровневой системе.
6. Сформулировать условия осуществления инверсии населённостей на рабочем переходе.
7. Объяснить отличие 4-х уровневой схемы накачки от 3-х уровневой.
8. В чём состоит преимущество 4-х уровневой схемы накачки?
9. Показатель усиления рабочей среды. За счёт каких параметров можно изменять величину усиления?
10. От каких параметров зависит показатель усиления рабочей среды?
11. В чём заключается преимущество импульсной накачки над непрерывной?
12. Не-Не лазер. Процессы создания инверсии населённостей. Генерационные характеристики.
13. Лазер на молекулах CO₂. Электроионизационный метод накачки.
14. Тепловая накачка в газодинамических лазерах.
15. Селективные резонаторы. Дисперсионные, дифракционные, интерференционные селекторы.
16. Активные среды на ионах Nd³⁺.
17. Лазеры на ионах Tm³⁺.
18. Спектральные характеристики рабочих сред с активными центрами Cr²⁺, Fe²⁺.
19. Стационарный режим генерации. Условие порога генерации.
20. Полезные излучательные и вредные потери.
21. Оптимальная величина коэффициента пропускания выходного зеркала резонатора.
22. Резонатор Фабри-Перо. Основные характеристики.
23. Продольные моды резонатора. Какие характеристики лазерного излучения определяются продольными модами резонатора?
24. Поперечные моды резонатора. Какие характеристики лазерного излучения определяются поперечными модами резонатора?
25. Дифракционные потери в открытых резонаторах.
26. Причины нестационарного режима генерации.
27. Режим модуляции вредных потерь. Активная модуляция добротности резонатора.
28. Синхронизация продольных мод резонатора. Режим сверхкоротких импульсов.
- 29.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-9

1. Инжекционный лазерный диод на арсениде галлия. Спектральные, пространственные характеристики излучения.

2. Способы перестройки частоты генерации диодных лазеров. Частотная модуляция. Управление мощностью генерации.
3. Диодные лазеры с распределённой обратной связью. Одночастотный режим генерации.
4. Сравнительный анализ генерационных характеристик современных лазерных структур.

1. Устройства для измерения мощности и энергии лазерного излучения.

1. Методы ослабления лазерного излучения.

1. Методы измерения расходимости лазерного излучения.

1. Обработка результатов измерений.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основного материала. Ответы на контрольные вопросы с незначительными погрешностями или без них
не зачтено	Отсутствие знаний материала Наличие грубых ошибок при ответах на контрольные вопросы

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

Основная литература:

1. Карлов Николай Васильевич. Лекции по квантовой электронике : [для физ. специальностей вузов]. - М. : Наука, 1983. - 319 с. : ил. - 1.10., 63 экз.
2. Ландсберг Григорий Самуилович. Оптика : [для физ. специальностей вузов]. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1976. - 926 с. : ил. - (Общий курс физики). - 2.24., 149 экз.

Дополнительная литература:

1. Розеншер Э. Оптоэлектроника / пер. с фр. ; под ред. О. Н. Ермакова. - М. : Техносфера, 2006. - 592 с. - (Мир электроники ; 7 - 04). - ISBN 5-94836-031-8 : 325-00., 2 экз.
2. 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.

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

А.П.Савикин, В.Б.Цареградский ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА.

Методическая разработка для студентов радиофизического факультета ННГУ — Нижний

Новгород: ННГУ. 2000. - 16 с.

http://www.rf.unn.runnet.ru/rus/chairs/k4/archive/shg_lab.pdf

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), 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 11.05.02 - Специальные радиотехнические системы.

Автор(ы): Савикин Александр Павлович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Оболенский Сергей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 16.01.2024 г., протокол № №1.