

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах БЗ.ДВ.11

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая радиофизика и квантовая электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Семашко В.В.

Рецензент(ы):

Низамутдинов А.С.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 667914

Казань
2014

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) ведущий научный сотрудник, д.н. (доцент) Семашко В.В. НИЛ магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулера Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии, Vadim.Semashko@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах" являются а) усвоение принципов усиления и генерации когерентного оптического излучения, методов создания инверсной заселенности в активной среде; б) изучение приближенных теорий оптических резонаторов, их добротности, рассмотрение согласования гауссовых пучков и анализ оптических резонаторов с помощью матричного метода; в) овладение методами скоростных (кинетических) уравнений, и в частности уравнений Статца-де-Марса, и их использование для анализа физических процессов в оптических усилителях и лазерах; г) ознакомление с основными процессами в существующих типах лазеров.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "БЗ.ДВ.11 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Требования к входным знаниям - обучаемый должен обладать:

- способностью к грамотной письменной и устной коммуникации на русском языке (ОК-1);
- способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования (ОК-2);
- способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОК-8);
- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-10);
- способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии (ОК-12);
- способностью к овладению иностранным языком в объеме, достаточном для чтения и понимания оригинальной литературы по специальности (ОК-13),
- способностью к овладению базовыми знаниями в области информатики и современных информационных технологий, программными средствами и навыками работы в компьютерных сетях; использованию баз данных и ресурсов Интернет (ОК-14).

В частности, обучаемый должен иметь знания в объеме общей физики, высшей математики, теоретической и атомной физики, а также специальных курсов ""Спектроскопия лазерных кристаллов" и "Физический эксперимент".

Курс "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах" завершает образование по специальности бакалавриата и предшествует курсам магистратур "Физика конденсированного состояния", "Физика магнитных явлений" и планируемой к открытию "Квантовая радиофизика"

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
пк-1	способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения

профессиональных задач

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
пк-2	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
пк-6	способностью к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

принципы создания инверсной заселенности и работы устройств квантовой электроники (оптических усилителей и оптических квантовых генераторов)

2. должен уметь:

анализировать процессы в оптических квантовых генераторах с использованием кинетических уравнений и матричного метода

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о статических и динамических процессах в активных средах и оптических квантовых генераторах

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- постановке цели и выбору путей ее достижения, настойчивость в достижении цели;
- критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности;
- работать самостоятельно и в коллективе, руководить людьми и подчиняться;
- самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии;
- собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по соответствующим специальным, научным, социальным и этическим проблемам;
- использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач;
- применять на практике базовые профессиональные навыки;
- понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования;
- использовать основные методы радиофизических измерений;
- владение компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиофизики (в соответствии с профилизацией);
- к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Процессы в активных средах в условиях отсутствия лазерной генерации (предгенерационный период)	8	1-5	15	0	0	
2.	Тема 2. Стационарная лазерная генерация	8	6-10	21	0	0	коллоквиум
3.	Тема 3. Нестационарный режим лазерной генерации	8	11-13	9	0	0	
4.	Тема 4. Основные типы лазеров	8	14-18	9	0	0	презентация реферат
·	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			54	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Процессы в активных средах в условиях отсутствия лазерной генерации
(предгенерационный период)**

лекционное занятие (15 часа(ов)):

Лекция 1. Основные понятия и определения, относящиеся к квантовой электроники и физике лазеров. Полуфеноменологическая теория Эйнштейна. История развития физики 20 века, предваряющая создание лазеров. Лекция 2. Вероятностный метода описания процессов в КМС. Оптический спектр. Спектральная ширина линий и механизмы уширения. Релаксация. Спектральные зависимости коэффициентов Эйнштейна. Вероятностный метод или метод балансных уравнений. Виды процессов и границы применимости вероятностного метода. Лекция 3. Вероятностный метод описания многоуровневых КМС в стационарном режиме - Процесс поглощения света. Обобщенные уравнения вероятностного метода для стационарного режима. Свойства системы с двумя уровнями энергии. Возможность создания инверсной населенности (3-х и 4-х уровневые системы). Свойства многоуровневых систем. Параметры нелинейности. Закон Бугера. Формула Фюхтбауэра-Ладенбурга. Интеграл Кравца и сечение переходов. Начальный коэффициент поглощения и насыщение поглощения. Влияние эффектов насыщения на полосы поглощения. Лекция 4. Вероятностный метод описания многоуровневых КМС (Нестационарный режим, Энергетический баланс, Люминесценция). Балансные уравнения для нестационарного режима. Свойства 2-х и многоуровневых систем. Насыщение поглощения в нестационарном режиме. Люминесценция. Мощность люминесценции. Временные характеристики люминесценции. Энергетические характеристики люминесценции. Квантовый выход. Тепловыделение возбужденной КМС. Потери энергии за счет рассеяния и неактивного поглощения примесями. Спектроскопические характеристики люминесценции. Лазерное охлаждение. Критерии эффективности лазерного охлаждения. Обсуждение перспективности оптических рефрижераторов и достигнутых результатов. Лекция 5. Эффекты в активных средах в отсутствии резонатора, квантовые усилители и однопроходные лазеры. Возможные режимы излучательной релаксации инвертированной КМС. Кооперативные процессы и их свойства. Усиленное спонтанное излучение. Свойства суперлюминесценции. Условия реализации лазерного эффекта. Квантовые усилители электромагнитного излучения. Квантовые усилители в режиме бегущей волны. Полоса пропускания квантового усилителя. Шумы квантового усилителя. Предельная мощность квантового усилителя (CW режим). Усиление импульсных сигналов. Изменение формы импульса при усилении. Распространение лазерного импульса в усиливающей среде со сверхсветовой скоростью?

Тема 2. Стационарная лазерная генерация

лекционное занятие (21 часа(ов)):

Тема 2. Стационарная лазерная генерация Лекция 6. Колебательные системы оптического диапазона. Оптические резонаторы и их свойства. Генератор. Сравнение колебательных системы радио- и микроволнового диапазонов с КС оптического диапазона. Свойства резонатора открытого типа. Понятие оптического резонатора и моды резонатора. Продольные и поперечные моды резонатора. Наблюдаемые модовые конфигурации. Потери и добротность резонатора. Основные типы оптических резонаторов и их устойчивость. Каустика. Виды резонаторов, применяемых на практике. Селективные резонаторы. Распределенная обратная связь. Селекция мод. Лекция 7-8. Стационарная лазерная генерация. Энергетические характеристики лазера. Баланс энергии. Мощность генерации и потерь внутри активной среды (АС). Выходящий поток мощности генерации. Анализ энергетических характеристик лазерной генерации с использованием теории переноса. Средний коэффициент усиления АС в виде стержня с отражающими торцами. Мощность излучения, генерируемая внутри и выходящая вовне из стержневидной АС. Потоки излучения, выходящие из торцов АС. Связь плотности излучения генерации внутри АС с выходными энергетическими характеристиками. Распределение плотности излучения генерации вдоль активной среды. Закон выделения энергии генерации по АС. Пороговые условия генерации. Зависимость мощности лазерного излучения на выходе из резонатора от длины АС и коэффициентов отражения зеркал резонатора. Оптимальные параметры резонатора. Связь оптимальных и пороговых параметров резонатора. Резервы увеличения потоков лазерного излучения. Энергетический выход (эффективность) генерации. Лекция 9-10. Трехуровневая схема лазерного генератора. Населенности уровней в отсутствие резонатора. Коэффициенты усиления для трехуровневой схемы в отсутствие резонатора. Энергетический баланс в трехуровневой схеме в отсутствие резонатора ? коэффициент накачки. Энергетический баланс в трехуровневой схеме в отсутствие резонатора. Условие стационарной генерации. Населенности состояний трехуровневой схемы при стационарной генерации. Энергетический баланс в трехуровневой схеме при стационарной генерации. Мощность и порог генерации. Мощность генерации на выходе из резонатора. КПД и дифференциальный КПД лазера. Энергетический выход лазерной генерации. Баланс энергии и доли потерь энергии накачки. КПД лазера по поглощенной энергии. Зависимость пороговой энергии, выходной мощности и КПД лазера от параметров резонатора. Оптимальные параметры резонатора для трехуровневой схемы. Лекция 11-12. Четырехуровневая схема лазерного генератора. Населенности уровней в отсутствие резонатора. Условие инверсной заселенности. Условие инверсной заселенности. Коэффициенты усиления и поглощения. Эволюция населенностей при росте накачки при стационарной генерации. Населенности состояний при стационарной генерации. Баланс энергии в четырехуровневой схеме ОКГ. Генерируемая мощность и порог генерации. Мощность генерации на выходе из резонатора. Оптимальные параметры резонатора для четырехуровневой схемы. Энергетический выход генерации и доли потерь энергии накачки. Максимальный КПД генерации. Энергетические характеристики в условиях ?самоограниченности? лазерного перехода. Сравнение характеристик 4-х и 3-х уровневых схем ОКГ. Коллоквиум

Тема 3. Нестационарный режим лазерной генерации

лекционное занятие (9 часа(ов)):

Тема 3. Нестационарный режим лазерной генерации Лекция 13-14. Нестационарный режим лазерной генерации. Кинетические уравнения для одномодового лазера. Усредненные кинетические уравнения. Уравнения Статца-де-Марса. Безразмерные уравнения Статца-де-Марса. Режим свободной генерации. Периодические и аperiodические переходные процессы. Предгенерационный этап. Задержка генерации после включения накачки. Плавное развитие свободной генерации. Пиковый режим. Оценка длительности и частоты следования пиков генерации. Лекция 14-15. Режим генерации гигантского импульса Методы активной модуляции добротности оптического резонатора. Анализ кинетических уравнений для режима генерации с модуляцией добротности. Оценка длительности, мощности, энергии и формы гигантского импульса. Режим синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация продольных мод в лазере. Длительность и период следования ультракоротких импульсов. Экспериментальная реализация режима работы лазера с синхронизацией мод

Тема 4. Основные типы лазеров

лекционное занятие (9 часа(ов)):

Тема 4. Основные типы лазеров Лекция 16-18. Основные типы лазеров. Твердотельные лазеры. Требования, предъявляемые к активным средам твердотельных лазеров. Современные проблемы твердотельных лазеров. Практически значимая активная среда. Рубиновый и неодимовый лазеры. Лазерное стекло и его свойства. Газовые лазеры. Лазеры на нейтральных атомах. Гелий-неоновый лазер. Лазер на парах меди. Ионные лазеры. Аргонный лазер. Двухступенчатое возбуждение. Катафорез. Гелий-кадмиевый лазер. Пеннинговский механизм ионизации и возбуждения. Эффект катафореза.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Стационарная лазерная генерация	8	6-10	подготовка к коллоквиуму	14	коллоквиум
4.	Тема 4. Основные типы лазеров	8	14-18	подготовка к презентации	15	презентация
				подготовка к реферату	25	реферат
	Итого				54	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Реализуется модульно-рейтинговая система. Для этого учебный материал разделяется на логически завершенные части (модули), после изучения которых предусматривается аттестация в виде коллоквиума (10-я неделя семестра) и текущих кратких опросов студентов.

Учебный материал излагается студентам в виде лекций с использованием мультимедийного комплекса, причем в начале изложения новых тем в интерактивной форме в виде беседы и/или краткого опроса обучающихся выявляется уровень их базовой подготовки и имеющиеся в ней пробелы. С учетом последних корректируется и формируется стратегия дальнейших лекционных занятий. В процессе обучения практикуются демонстрационные опыты на научном и учебно-научном оборудовании кафедры и лаборатории НИЛ МРС и КЭ.

Начиная с середины семестра (8-10 недели) реализуются проектные методы обучения, предполагающие самостоятельное изучение студентами определенного раздела дисциплины и представления полученных результатов в виде публичной презентации и реферата. Причем, с целью вовлечения в процесс изучения данной темы максимального числа студентов, активизации их творческой работы (самостоятельного осуществления целеполагания, сбора необходимой информации, ее анализа с разных точек зрения, формирования выводов и заключения, самоконтроля процесса получения знаний и его результатов), используются методы групповой и взаимооценки: рецензирование студентами работ друг друга и оппонирование ими проектов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Процессы в активных средах в условиях отсутствия лазерной генерации (предгенерационный период)

Тема 2. Стационарная лазерная генерация

коллоквиум , примерные вопросы:

Необходимо продемонстрировать усвоенные знания по первой части курса и решить предложенные тестовые задачи. Приверы задач без поясняющих рисунков приведены ниже.

Задача ♦ 1 Рассмотреть вопрос насыщения поглощения излучения, резонансного переходом $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$. Построить и обосновать ход зависимости $K_{\text{погл}}(v_{12}) = f(P_{\text{возб}})$ и определить параметр и интенсивности насыщения при заданных условиях. Учитывать только обозначенные на рисунке переходы между энергетическими состояниями! Задача ♦ 2 Рассмотреть вопрос насыщения поглощения излучения, резонансного переходом $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$. Построить и обосновать ход зависимости $K_{\text{погл}}(v_{12}) = f(P_{\text{возб}})$ и определить параметр и интенсивности насыщения при заданных условиях. Учитывать только обозначенные на рисунке переходы между энергетическими состояниями! Задача ♦ 3 Определить максимальный коэффициент усиления среды на переходах $4 \rightarrow 3$, $4 \rightarrow 2$ и $3 \rightarrow 2$. Возбуждение на переходе $1 \rightarrow 4$. Учитывать только обозначенные на рисунке переходы между энергетическими состояниями! Задача ♦ 4 Определить условия достижения усиления на переходе $3 \rightarrow 2$. Возбуждение на переходе $1 \rightarrow 4$. Рассмотреть 3 случая: Учитывать только обозначенные на рисунке переходы между энергетическими состояниями! Задача ♦ 5 Определить квантовый и энергетический выходы люминесценции на переходе $3 \rightarrow 2$. Возбуждение на переходе $1 \rightarrow 4$. Учитывать только обозначенные на рисунке переходы между энергетическими состояниями! Задача ♦ 6 Определить законы разгорания и затухания люминесценции на переходе $3 \rightarrow 2$ при резонансном возбуждении системы квантами с энергией $E_2 - E_1$. Учитывать только обозначенные на рисунке переходы между энергетическими состояниями!

Тема 3. Нестационарный режим лазерной генерации

Тема 4. Основные типы лазеров

презентация, примерные вопросы:

Темы презентаций по материалам подготовленных рефератов: 1. Шумы в оптических усилителях и генераторах 2. Процессы в газовых лазерах (He-Ne лазер) 3. Процессы в ионных газовых лазерах (Ar-лазер) 4. Процессы в газовых лазерах на колебательно-вращательных переходах (CO₂-лазер) 5. Процессы в газоразрядных лазерах высокого давления и газодинамических лазерах 6. Процессы в газоразрядных лазерах на самоограниченных переходах (Лазер на парах меди) 7. Процессы в газоразрядных лазерах на самоограниченных переходах (N₂-лазер) меди) 8. Процессы в лазерах на растворах органических красителей 9. Принципы работы полупроводниковых лазеров (методы создания инверсной населенности) 10. Современные полупроводниковые лазеры (инжекция носителей, гетероструктуры) 11. Принципы работы лазеров на центрах окраски. 12. Лазеры на свободных электронах и рекомбинационные (плазменные) лазеры 13. Химический лазер. 14. Эксимерные лазеры.

Требования к презентации: Microsoft Power Point, 10-12 слайдов, до 20 мин. доклад, 10 мин. обсуждение и вопросы. Файлы презентации и текста необходимо выслать минимум за 1 сутки до доклада на e-mail: ua4pcy@mail.ru, vadim.semashko@ksu.ru. Рекомендуемая схема реферата. 1. Физические свойства вещества (схема энергетических состояний, на которых предполагается осуществить лазерную генерацию; преимущества/недостатки данного агрегатного состояния рабочего вещества) 2. Возможные способы осуществления накачки и физические процессы, приводящие к созданию инверсной населенности (например, физика электрического разряда в газах, передача энергии между ионами, оптические индуцированные переходы и т.п.) 3. Практическая реализация лазера (конструкции осветителей, резонатора и т.п.) Основные энергетические, спектральные, временные и пространственные характеристики) 4. Применения данного типа лазеров

реферат, примерные темы:

Темы рефератов: 1. Шумы в оптических усилителях и генераторах 2. Процессы в газовых лазерах (He-Ne лазер) 3. Процессы в ионных газовых лазерах (Ar-лазер) 4. Процессы в газовых лазерах на колебательно-вращательных переходах (CO₂-лазер) 5. Процессы в газоразрядных лазерах высокого давления и газодинамических лазерах 6. Процессы в газоразрядных лазерах на самоограниченных переходах (Лазер на парах меди) 7. Процессы в газоразрядных лазерах на самоограниченных переходах (N₂-лазер) меди) 8. Процессы в лазерах на растворах органических красителей 9. Принципы работы полупроводниковых лазеров (методы создания инверсной населенности) 10. Современные полупроводниковые лазеры (инжекция носителей, гетероструктуры) 11. Принципы работы лазеров на центрах окраски. 12. Лазеры на свободных электронах и рекомбинационные (плазменные) лазеры 13. Химический лазер. 14. Эксимерные лазеры. Требования к реферату: Microsoft Word, 10-15 страниц скрепленных степлером + файл Файлы презентации и текста необходимо выслать минимум за 1 сутки до доклада на e-mail: ua4pcy@mail.ru, vadim.semashko@ksu.ru Рекомендуемая схема реферата. 1. Физические свойства вещества (схема энергетических состояний, на которых предполагается осуществить лазерную генерацию; преимущества/недостатки данного агрегатного состояния рабочего вещества) 2. Возможные способы осуществления накачки и физические процессы, приводящие к созданию инверсной населенности (например, физика электрического разряда в газах, передача энергии между ионами, оптические индуцированные переходы и т.п.) 3. Практическая реализация лазера (конструкции осветителей, резонатора и т.п.) Основные энергетические, спектральные, временные и пространственные характеристики) 4. Применения данного типа лазеров

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Самостоятельная работа студентов позволяет развить следующие компетенции:

в дискуссиях и устных ответах в ходе занятий - ПК-1, ПК-2, ПК-6

при подготовке к коллоквиуму - ПК-1, ПК-2

при подготовке рефератов и презентаций - ПК-1, ПК-2, ПК-6

при подготовке к экзамену - ПК-1, ПК-2, ПК-6

Текущий контроль усвоения материала осуществляется в виде коллоквиума (12-я неделя семестра) и текущих кратких опросов студентов, а также путем подготовки презентаций и рефератов по темам 4-ого раздела дисциплины. Итоговый контроль - экзамен.

Предполагаемые и темы презентация/рефератов приведены в соответствующих разделах. Вопросы билетов экзамена:

Билет ♦ 1

1. Основа квантовой электроники - полуфеноменологическая теория Эйнштейна Организация каналов накачки и генерации в многоуровневых активных средах.

2. КПД и дифференциальный КПД лазерной генерации трехуровневой схемы ОКГ. КПД лазера по поглощенной АС энергии накачки.

3. Добротность открытого генератора.

Билет ♦ 2

1. Понятия оптического спектра, ширины спектральных линий, релаксационные процессы.

2. Зависимость пороговой энергии, выходной мощности и КПД лазера от параметров резонатора. Оптимальные параметры резонатора для трехуровневой схемы ОКГ.

3. Физические процессы в гелий-неоновом лазере.

Билет ♦ 3

1. Спектральные и интегральные коэффициенты Эйнштейна. Вероятностный метод описания процессов поглощения, люминесценции и усиления излучения.

2. Баланс энергии четырехуровневого ОКГ в режиме стационарной лазерной генерации. Генерируемая мощность и пороговые условия возникновения лазерной генерации.

3. Физические процессы в аргоновом лазере.

Билет ♦ 4

1. Населенности энергетических состояний, их при росте мощности накачки и коэффициент усиления 4-уровневой схемы ОКГ в отсутствие лазерного резонатора.
2. Свойства системы с двумя уровнями энергии. Понятие об инверсной заселенности.
3. Процессы в газовых лазерах на колебательно-вращательных переходах (CO₂-лазер)

Билет ♦ 5

1. Населенности энергетических состояний, их при росте мощности накачки и коэффициент усиления 3-уровневой схемы ОКГ в отсутствие лазерного резонатора.
2. Свойства многоуровневых систем. Параметры нелинейности многоуровневых систем.
3. Принципы работы лазеров на центрах окраски.

Билет ♦ 6

1. Поглощение и усиления света. Мощность поглощения. Коэффициент и сечение поглощения/усиления.
2. . Уравнения Статца-де-Марса. Режим свободной генерации.
3. Получение инверсной заселенности в ионных лазерах.

Билет ♦ 7

1. Коэффициент и сечение поглощения/усиления. Параметр и интенсивность насыщения. Влияние эффектов насыщения на спектральные полосы.
2. Энергетические характеристики ОКГ в условиях "самоограниченности" лазерного перехода. Сравнение характеристик 4-х и 3-х уровневых схем ОКГ..
3. Каустика поля в резонаторах различных типов.

Билет ♦ 8

1. Эволюция населенностей при росте мощности накачки при отсутствии и наличии лазерной генерации. Баланс энергии четырехуровневого ОКГ в режиме стационарной лазерной генерации.
2. Энергетические, временны и спектральные характеристики люминесценции.
3. Дифракционные потери и распределенная обратная связь.

Билет ♦ 9

1. Понятие активной среды и эффекты в активных средах в отсутствие резонатора (усиленная спонтанная люминесценция, сверхизлучение и суперлюминесценция.)
2. Порог генерации и ее КПД для трехуровневой схемы ОКГ.
3. Физические процессы, используемые для накачки в газовом разряде.

Билет ♦ 10

1. Квантовые усилители и генераторы в режиме бегущей волны.
2. Процессы в лазерах на растворах органических красителей
3. Сравнение характеристик 4-х и 3-х уровневых схем ОКГ.

Билет ♦ 11

1. Свойства лазерных резонаторов (добротность, условия резонанса, моды, время жизни моды, конкуренция мод).
2. Поглощение и усиления света. Мощность поглощения. Коэффициент и сечение поглощения/усиления. Параметр и интенсивность насыщения.
3. КПД лазера.

Билет ♦ 12

1. Основные типы оптических резонаторов. Устойчивость резонатора. Каустика поля в резонаторах. Распределенная обратная связь.
2. Принципы работы полупроводниковых лазеров (методы создания инверсной населенности)
3. Методы осуществления активной модуляции добротности.

Билет ♦ 13

1. Необходимые и достаточные условия возникновения стационарной генерации. Средний коэффициент усиления активной среды и мощность лазерной генерации. Закон выделения энергии генерации по активной среде.
2. Энергетические, временны и спектральные характеристики люминесценции. Характеристические времена. Мощности люминесценции и тепловыделения. Тушение люминесценции. Энергетический и квантовый выход люминесценции.
3. Физические принципы функционирования эксимерных лазеров.

Билет ♦ 14

1. Зависимость выходной мощности лазера от параметров резонатора. Оптимальные параметры резонатора. Резервы увеличения потоков лазерного излучения. Энергетический выход (эффективность) генерации.
2. Организация положительной обратной связи в оптическом диапазоне (невозможность использования объемных резонаторов, открытые резонаторы). Добротность открытого резонатора. Условия резонанса.
3. Принципы работы лазеров на центрах окраски.

7.1. Основная литература:

1. Оптика : учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг .? Издание 6-е, стереотипное .? Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006 .? 848 с. : 294
2. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики: Учеб. пос. / С.И.Кузнецов, А.М.Лидер - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузов. учеб.: НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 212 с.: 60x90 1/16.(п) ISBN 978-5-9558-0350-0, 500 экз.
<http://znanium.com/bookread.php?book=438135>
3. Демтрёдер В., Современная лазерная спектроскопия (уч.пособие)/В.Демтрёдер,(пер. с англ.) - Долгопрудный: Интеллект,2014. - 1071с. 10
4. Шапова, И. А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники [электронный ресурс] : учеб. пособие по английскому языку для технических вузов / И. А. Шапова. - 2-е изд., стереотип. - М. : ФЛИНТА, 2011. - 235 с. - ISBN 978-5-9765-0040-4.
<http://znanium.com/bookread.php?book=454727>
5. Физические основы электроники: Учебное пособие / В.В. Умрихин; Уником Сервис. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 304 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Технологический сервис). (переплет) ISBN 978-5-98281-306-0, 1000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=316836>

7.2. Дополнительная литература:

1. Н.В.Карлов, Лекции по квантовой электронике. М.: "Наука",1988.
2. Шашлов, А. Б. Основы светотехники [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. Б. Шашлов. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - М. : Логос, 2012. - 256 с. - (Новая универси- тетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-586-2. <http://znanium.com/bookread.php?book=469432>

7.3. Интернет-ресурсы:

- книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - http://www.ph4s.ru/book_ph_spektroskop.html
- книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://www.umup.narod.ru/cat20.html>
- книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://lib.myilibrary.com/Home.aspxh>
- книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - http://portal.kpfu.ru/main_page?p_sub=8224

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://www.natahaus.ru/>
книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - <http://www.knigafund.ru/>
электронная библиотечная система - <http://znanium.com>
электронная библиотечная система Издательства "Лань" - <http://e.lanbook.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

учебное оборудование спецпрактикума "Квантовая радиофизика" с методическими пособиями, научное и учебно-научное оборудование кафедры и НИЛ МРС и КЭ

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Квантовая радиофизика и квантовая электроника .

Автор(ы):

Семашко В.В. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Низамутдинов А.С. _____

"__" _____ 201__ г.