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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.
_____
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Спектроскопия лазерных кристаллов Б1.В.ДВ.7

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Физика магнитных явлений
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Автор(ы):
Юсупов Р.В.
Рецензент(ы):
Семашко В.В.

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

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) старший научный сотрудник, к.н. (доцент) Юсупов Р.В. Центр квантовых технологий КФУ , Roman.Yusupov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) "Спектроскопия лазерных кристаллов" являются овладение знаниями об основах физики конденсированных лазерных материалов, а именно: а) усвоение принципов и методов оптической спектроскопии лазерных кристаллов, б) особенностей формирования кристаллической структуры и оптических центров, в) их спектрально-люминесцентных характеристик, г) свойств наиболее популярных твердотельных лазерных материалов и актуальным направлениям их применения.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.03.03 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Курс "Спектроскопия лазерных кристаллов" предваряет курс "Основы физических процессов в оптических квантовых генераторах", "Квантовая радиофизика" и специальный практикум квантовой радиофизике.

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
пк-2	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
пк-3	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
пк-4	способностью использовать основные методы радиофизических измерений
пк-6	способностью к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники
ок-10	способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ок-11	способностью собирать, обобщать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий информацию, необходимую для формирования суждений по соответствующим специальным, научным, социальным и этическим проблемам
ок-3	способностью к постановке цели и выбору путей ее достижения, настойчивость в достижении цели
ок-4	способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ок-6	способностью работать самостоятельно и в коллективе, руководить людьми и подчиняться

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основы физики конденсированных лазерных материалов принципы и методы оптической спектроскопии лазерных кристаллов;
- особенности формирования кристаллической структуры и оптических центров,
- роль спектрально-люминесцентные характеристик в процессах, имеющих место в твердотельных лазерах и усилителях света
- свойства наиболее популярных твердотельных лазерных материалов

2. должен уметь:

- обосновать использование того или иного метода спектроскопического эксперимента для получения знаний о характеристиках исследуемого вещества или явления
- объяснить физические принципы работы твердотельных лазеров с различными кристаллическими активными средами и рассказать о сферах их использования.

3. должен владеть:

теоретическими знаниями основных законов кристаллохимии и взаимодействия излучения с веществом

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет 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	Практи-ческие занятия	Лабора-торные работы	
1.	Тема 1. Тема 1. Спектроскопия.						

Цели и основные задачи спектроскопии

8	1	2	0	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи-ческие занятия	Лабора-торные работы	
2.	Тема 2. Тема 2. Физико-химические свойства лазерных материалов и способы их получения	8	2	2	0	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Тема 3. Физико-химические характеристики активаторов: ионов переходных металлов, редкоземельных ионов (РЗИ) и актиноидов	8	3-4	4	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Тема 4. Характеристики спектров активированных кристаллов	8	5	2	0	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Тема 5. Лазерные среды, активированные ионами Nd3+	8	6	2	0	0	Презентация
6.	Тема 6. Тема 6. Лазерные среды, активированные ионами Er3+	8	7	2	0	0	Презентация
7.	Тема 7. Тема 7. Лазерные среды, активированные ионами Yb3+	8	8	2	0	0	Презентация
8.	Тема 8. Тема 8. Полиактивированные лазерные среды (активированные ионами Tm3+, Ho3+, Er3+ и Dy3+)	8	9	2	0	0	Презентация
9.	Тема 9. Тема 9. Лазерные среды, активированные ионами Cr3+	8	10	2	0	0	Презентация
10.	Тема 10. Тема 10. Лазерные среды, активированные ионами Ti3+	8	11	2	0	0	Презентация
11.	Тема 11. Тема 11. Кристаллические лазерные среды ультрафиолетового диапазона	8	12	2	0	0	Презентация
12.	Тема 12. Тема 12. Нелинейные лазерные кристаллы	8	13	2	0	0	Презентация
13.	Тема 13. Тема 13. Кристаллические лазерные среды, использующие явление вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР)	8	14	2	0	0	Презентация
14.	Тема 14. Тема 14. Полупроводниковые кристаллические лазерные среды	8	15	2	0	0	Презентация
15.	Тема 15. Тема 15. Волоконные активные среды	8	16	2	0	0	Презентация
16.	Тема 16. Тема 16. Кристаллические активные среды на центрах окраски	8	17	2	0	0	Презентация

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи-ческие занятия	Лабора-торные работы	
17.	Тема 17. Тема 17. Фотонные кристаллы	8	18	2	0	0	Презентация
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Тема 1. Спектроскопия. Цели и основные задачи спектроскопии

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Спектроскопия. Цели и основные задачи спектроскопии. Основные задачи оптической спектроскопии лазерных кристаллов. Три основных направления спектроскопических исследований активированных кристаллов. Прямая и обратная задача спектроскопии

Тема 2. Тема 2. Физико-химические свойства лазерных материалов и способы их получения

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Физико-химические свойства лазерных материалов и способы их получения (Зонная структура (диэлектрики, полупроводники) и диапазон прозрачности симметрия кристаллов (двулучепреломление), фотохимическая (радиационная устойчивость), физические параметры кристаллических и аморфных материалов (теплопроводность, константы теплового расширения и пр.), требования к активаторам и к активируемым матрицам).Методы синтеза неактивированных и активированных кристаллов, керамик и стёкл (фазовые диаграммы, законы ?активации?: изоморфизм, правила Гольдшмидта, Вегарда, Ретгерса, полярности; изовалентная и гетеровалентная активация; закон Галивера-Пфанна и коэффициенты распределения активаторной примеси и т.п.)

Тема 3. Тема 3. Физико-химические характеристики активаторов: ионов переходных металлов, редкоземельных ионов (РЗИ) и актиноидов

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Физико-химические характеристики активаторов: ионов переходных металлов, редкоземельных ионов (РЗИ) и актиноидов (электронная структура и валентные состояния; Энергетические уровни свободных ионов и ионов в твердых телах (мультиплеты, правило Гунда, диаграммы Дики -Кроссвайта и Сугано-Танабе, отличия между РЗИ и ионами группы железа, понятие о кристаллическом поле, Штарковская структура уровней РЗИ)

Тема 4. Тема 4. Характеристики спектров активированных кристаллов

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Характерные черты оптических спектров кристаллов, активированных ионами группы железа и редкоземельными ионами. Спектры ионов неодима в парамагнитных кристаллах Электронные и электронно-колебательные спектры активаторов в кристаллахпринцип Франка-Кондона, правило Стокса и стоксов сдвиг Полуфеноменологическая теория Эйнштейна (коэффициенты Эйнштейна и их связь с измеряемыми спектроскопическими параметрами, время жизни возбужденных состояний, сечения вынужденных переходов, безызлучательные переходы, квантовый выход люминесценции) Передача энергии возбуждения между активаторными ионами (тушение и сенсибилизация люминесценции, кросс-релаксационные и апконверсионные процессы, миграция энергии и концентрационное тушение люминесценции)

Тема 5. Тема 5. Лазерные среды, активированные ионами Nd3+

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Схема энергетических уровней и лазерные переходы ионов Nd3+ в кристаллах и стеклах (четырех и квазитрех уровневые схемы лазерной генерации) Кристаллохимические особенности синтеза, физические, спектроскопические и лазерные характеристики кристаллов иттрий-алюминиевого граната Y3Al5O12 (YAG), иттрий-алюминиевого перовскита (YAlO3), YVO4 и LiYF4 (YLF), активированные ионами Nd3+ (спектры поглощения и люминесценции, квантовый выход люминесценции и оптимальные концентрации активаторов в различных матрицах, коэффициенты ветвления, способы накачки этих кристаллов, КПД генерации, температурная перестройка длины волны излучения)

Тема 6. Тема 6. Лазерные среды, активированные ионами Er3+

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лазерные среды, активированные ионами Er3+. Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации в ИК и видимом диапазонах, способы накачки и характеристики лазерной генерации). Перспективы Er-активированных лазерных материалов.

Тема 7. Тема 7. Лазерные среды, активированные ионами Yb3+

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лазерные среды, активированные ионами Yb3+Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации, способы накачки и характеристики лазерной генерации).

Тема 8. Тема 8. Полиактивированные лазерные среды (активированные ионами Tm3+, Ho3+, Er3+ и Dy3+)

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Полиактивированные лазерные среды (активированные ионами Tm3+, Ho3+, Er3+ и Dy3+). Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации в ИК и видимом диапазонах, способы накачки и характеристики лазерной генерации).

Тема 9. Тема 9. Лазерные среды, активированные ионами Cr3+

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лазерные среды, активированные ионами Cr3+. Спектроскопические и лазерные характеристики кристаллов рубина, форстерита, BeAl2O4, LiCaAlF6, LiSrAlF6 и KZnF3, активированных ионами Cr3+.

Тема 10. Тема 10. Лазерные среды, активированные ионами Ti3+

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Лазерные среды, активированные ионами Ti3+. Спектроскопические и лазерные характеристики Ti3+ в кристаллах сапфира. Применения и перспективы

Тема 11. Тема 11. Кристаллические лазерные среды ультрафиолетового диапазона

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Кристаллические лазерные среды ультрафиолетового диапазона. Схема энергетических уровней и лазерные переходы (отличие межконфигурационных переходов от переходов между состояниями внутри одной и той же электронной конфигурации, проблемы получения генерации в УФ области спектра, существующие активные среды). Применения и перспективы

Тема 12. Тема 12. Нелинейные лазерные кристаллы

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Нелинейные лазерные кристаллы. Эффект генерации второй гармоники в нелинейном кристалле (нелинейные восприимчивости, синхронизм). Активированные нелинейные кристаллы и эффект самоумножения частоты лазерной генерации.

Тема 13. Тема 13. Кристаллические лазерные среды, использующие явление вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР)

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Кристаллические лазерные среды, использующие явление вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР). Явление комбинационного рассеяния и ВКР. Твердотельные ВКР-преобразователи лазерного излучения. Активированные среды совмещенные с ВКР преобразователем.

Тема 14. Тема 14. Полупроводниковые кристаллические лазерные среды

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Полупроводниковые кристаллические лазерные среды Зонная структура полупроводниковых кристаллов (примесные уровни, уровень Ферми-Дирака). Переходы, вызывающие испускание фотона. Методы создания инверсной населенности, явления оптичского усилени и лазерной генерации. Принципы работы инжекционных лазеров, Гетероструктурированные кристаллические материалы для полупроводниковых лазеров.

Тема 15. Тема 15. Волоконные активные среды

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Волоконные активные среды Принципы функционирования (Er-, Yb- и рамановских сред, особенности осуществления накачки) Материалы для волоконных сред и их характеристики (область и ширина полосы усиления, эффективность (КПД)?) Компоненты и конструкция волоконных лазеров Применения и перспективы (волоконно-оптические линии связи, обработка материалов)

Тема 16. Тема 16. Кристаллические активные среды на центрах окраски

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Кристаллические активные среды на центрах окраски а) Типы центров окраски и материалы б) Способы создания центров окраски в) Уровни энергии, спектроскопические, фотохимические и иные свойства г) Лазерные характеристики активных материалов на центрах окраски д) Применения и перспективы

Тема 17. Тема 17. Фотонные кристаллы

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Фотонные кристаллы а) Что такое фотонный кристалл? Его основные свойства. б) Зоны в фотонных кристаллах и их оптические проявления в) Современные методы изготовления фотонных кристаллов г) Усиление света на фотонных кристаллах и лазерная генерация д) Применения и перспективы

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
1.	Тема 1. Тема 1. Спектроскопия. Цели и основные задачи спектроскопии	8	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Тема 2. Физико-химические свойства лазерных материалов и способы их получения	8	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел дисциплины	Се-мест-р	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
3.	Тема 3. Тема 3. Физико-химические характеристики активаторов: ионов переходных металлов, редкоземельных ионов (РЗИ) и актиноидов	8	3-4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
4.	Тема 4. Тема 4. Характеристики спектров активированных кристаллов	8	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Тема 5. Лазерные среды, активированные ионами Nd3+	8	6	подготовка к презентации	2	презен-тация
6.	Тема 6. Тема 6. Лазерные среды, активированные ионами Er3+	8	7	подготовка к презентации	2	презен-тация
7.	Тема 7. Тема 7. Лазерные среды, активированные ионами Yb3+	8	8	подготовка к презентации	2	презен-тация
8.	Тема 8. Тема 8. Полиактивированные лазерные среды (активированные ионами Tm3+, Ho3+, Er3+ и Dy3+)	8	9	подготовка к презентации	2	презен-тация
9.	Тема 9. Тема 9. Лазерные среды, активированные ионами Cr3+	8	10	подготовка к презентации	2	презен-тация
10.	Тема 10. Тема 10. Лазерные среды, активированные ионами Ti3+	8	11	подготовка к презентации	2	презен-тация

N	Раздел дисциплины	Се-мест	Неде-ля семе стра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудо-емкость (в часах)	Формы контроля самосто-ятельной работы
11.	Тема 11. Тема 11. Кристаллические лазерные среды ультрафиолетового диапазона	8	12	подготовка к презентации	2	презен-тация
12.	Тема 12. Тема 12. Нелинейные лазерные кристаллы	8	13	подготовка к презентации	2	презен-тация
13.	Тема 13. Тема 13. Кристаллические лазерные среды, использующие явление вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР)	8	14	подготовка к презентации	2	презен-тация
14.	Тема 14. Тема 14. Полупроводниковые кристаллические лазерные среды	8	15	подготовка к презентации	2	презен-тация
15.	Тема 15. Тема 15. Волоконные активные среды	8	16	подготовка к презентации	2	презен-тация
16.	Тема 16. Тема 16. Кристаллические активные среды на центрах окраски	8	17	подготовка к презентации	2	презен-тация
17.	Тема 17. Тема 17. Фотонные кристаллы	8	18	подготовка к презентации	2	презен-тация
	Итого				36	

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 текущих кратких опросов студентов.

Учебный материал излагается студентам в виде лекций, 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. 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. Тема 1. Спектроскопия. Цели и основные задачи спектроскопии

устный опрос , примерные вопросы:

Спектроскопия. Цели и основные задачи спектроскопии. Основные задачи оптической спектроскопии лазерных кристаллов. Три основных направления спектроскопических исследований активированных кристаллов. Прямая и обратная задача спектроскопии

Тема 2. Тема 2. Физико-химические свойства лазерных материалов и способы их получения

устный опрос , примерные вопросы:

Физико-химические свойства лазерных материалов и способы их получения а) Зонная структура (диэлектрики, полупроводники) и диапазон прозрачности б) симметрия кристаллов (двулучепреломление), в) фотохимическая (радиационная устойчивость) г) физические параметры кристаллических и аморфных материалов (теплопроводность, константы теплового расширения и пр.) д) требования к активаторам и к активируемым матрицам е) методы синтеза неактивированных и активированных кристаллов, керамик и стёкл (фазовые диаграммы, законы ?активации?: изоморфизм, правила Гольдшмидта Вегарда, Ретгерса, полярности; изовалентная и гетеровалентная активация; закон Галливера-Пфанна и коэффициенты распределения активаторной примеси и т.п.) ж) активированные и нелинейные материалы, сферы их применения(примеры наиболее используемых активированных и нелинейных кристаллов)

Тема 3. Тема 3. Физико-химические характеристики активаторов: ионов переходных металлов, редкоземельных ионов (РЗИ) и актиноидов

устный опрос , примерные вопросы:

Физико-химические характеристики активаторов: ионов переходных металлов, редкоземельных ионов (РЗИ) а) Электронная структура и валентные состояния б) Энергетические уровни свободных ионов и ионов в твердых телах (мультиплеты, диаграммы Дики-Кроссвайта и Сугано-Танабе, отличия между РЗИ и ионами группы железа, понятие о кристаллическом поле, Штарковская структура уровней РЗИ) в) Интенсивности полос в спектрах (правила отбора, правило Лаппорта)

Тема 4. Тема 4. Характеристики спектров активированных кристаллов

устный опрос , примерные вопросы:

Характеристики спектров активированных кристаллов а) Электронные и электронно-колебательные спектры активаторов в кристаллах и методы их исследования (спектры поглощения и люминесценции, их связь со структурой энергетических состояний активаторных ионов и визуальной окраской кристаллов, принцип Франка-Кондона, правило Стокса и стоксов сдвиг, отличия спектров кристаллов и аморфных материалов, однородное и неоднородное уширении спектральных линий) б) Полуфеноменологическая теория Эйнштейна (коэффициенты Эйнштейна и их связь с измеряемыми спектроскопическими параметрами, время жизни возбужденных состояний, сечения вынужденных переходов, безызлучательные переходы, квантовый выход люминесценции) в) Передача энергии возбуждения между активаторными ионами (тушение и сенсибилизация люминесценции, кросс-релаксационные и апконверсионные процессы, миграция энергии и концентрационное тушение люминесценции)

Тема 5. Тема 5. Лазерные среды, активированные ионами Nd3+

презентация , примерные вопросы:

Лазерные среды, активированные ионами Nd3+ а) Схема энергетических уровней и лазерные переходы ионов Nd3+ в кристаллах и стеклах (четырех и квазитрех уровневые схемы лазерной генерации) б) Кристаллохимические особенности синтеза, физические, спектроскопические и лазерные характеристики кристаллов иттрий-алюминиевого граната Y3Al5O12 (YAG), иттрий-алюминиевого перовскита (YAlO3), YVO4 и LiYF4 (YLF), активированные ионами Nd3+ (спектры поглощения и люминесценции, квантовый выход люминесценции и оптимальные концентрации активаторов в различных матрицах, коэффициенты ветвления, способы накачки этих кристаллов, КПД генерации, температурная перестройка длины волны излучения) в) Индексы длин волн излучения лазеров на неодим-активированных материалах, сравнение лазерных характеристик кристаллических и аморфных сред

Тема 6. Тема 6. Лазерные среды, активированные ионами Er3+

презентация , примерные вопросы:

Лазерные среды, активированные ионами Er3+ а) Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации в ИК и видимом диапазонах, способы накачки и характеристики лазерной генерации) б) Перспективы Er-активированных лазерных материалов

Тема 7. Тема 7. Лазерные среды, активированные ионами Yb3+

презентация , примерные вопросы:

Лазерные среды, активированные ионами Yb3+ а) Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации, способы накачки и характеристики лазерной генерации) б) Мощные волоконные Yb-лазеры в) Перспективы Yb-активированных лазерных материалов

Тема 8. Тема 8. Полиактивированные лазерные среды (активированные ионами Tm3+, Ho3+, Er3+ и Dy3+)

презентация , примерные вопросы:

Полиактивированные лазерные среды (активированные ионами Tm3+, Ho3+, Er3+ и Dy3+) а) Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации в ИК и видимом диапазонах, способы накачки и характеристики лазерной генерации)

Тема 9. Тема 9. Лазерные среды, активированные ионами Cr3+

презентация , примерные вопросы:

Лазерные среды, активированные ионами Cr3+ а) Спектроскопические и лазерные характеристики кристаллов рубина, форстерита, BeAl2O4, LiCaAlF6, LiSrAlF6 и KZnF3, активированных ионами Cr3+

Тема 10. Тема 10. Лазерные среды, активированные ионами Ti3+

презентация , примерные вопросы:

Лазерные среды, активированные ионами Ti3+ а) Спектроскопические и лазерные характеристики Ti3+ в кристаллах сапфира б) Применения и перспективы

Тема 11. Тема 11. Кристаллические лазерные среды ультрафиолетового диапазона

презентация , примерные вопросы:

Кристаллические лазерные среды ультрафиолетового диапазона а) Схема энергетических уровней и лазерные переходы (отличие межконфигурационных переходов от переходов между состояниями внутри одной и той же электронной конфигурации, проблемы получения генерации в УФ области спектра, существующие активные среды) б) Применения и перспективы

Тема 12. Тема 12. Нелинейные лазерные кристаллы

презентация , примерные вопросы:

Нелинейные лазерные кристаллы а) Эффект генерации второй гармоники в нелинейном кристалле (нелинейные восприимчивости, синхронизм) б) Активированные нелинейные кристаллы и эффект самоумножения частоты лазерной генерации в) Применения и перспективы

Тема 13. Тема 13. Кристаллические лазерные среды, использующие явление вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР)

презентация , примерные вопросы:

Кристаллические лазерные среды, использующие явление вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) а) Явление комбинационного рассеяния и ВКР б) Твердотельные ВКР-преобразователи лазерного излучения в) Активированные среды совмещенные с ВКР преобразователем г) Применения и перспективы

Тема 14. Тема 14. Полупроводниковые кристаллические лазерные среды

презентация , примерные вопросы:

Полупроводниковые кристаллические лазерные среды а) Зонная структура полупроводниковых кристаллов (примесные уровни, уровень Ферми-Дирака) б) Переходы, вызывающие испускание фотона в) Методы создания инверсной населенности, явления оптичского усилени и лазерной генерации г) Принципы работы инжекционных лазеров, Гетероструктурированные кристаллические материалы для полупроводниковых лазеров. д) Квантовые точки е) Примеры полупроводниковых лазерных сред. Их характеристкики ж) Применения и перспективы

Тема 15. Тема 15. Волоконные активные среды

презентация , примерные вопросы:

Волоконные активные среды а) Принципы функционирования (Er-, Yb- и рамановских сред, особенности осуществления накачки) б) Материалы для волоконных сред и их характеристики (область и ширина полосы усиления, эффективность (КПД)?) в) Компоненты и конструкция волоконных лазеров г) Применения и перспективы (волоконно-оптические линии связи, обработка материалов)

Тема 16. Тема 16. Кристаллические активные среды на центрах окраски

презентация , примерные вопросы:

Кристаллические активные среды на центрах окраски а) Типы центров окраски и материалы б) Способы создания центров окраски в) Уровни энергии, спектроскопические, фотохимические и иные свойства г) Лазерные характеристики активных материалов на центрах окраски д) Применения и перспективы

Тема 17. Тема 17. Фотонные кристаллы

презентация , примерные вопросы:

Фотонные кристаллы а) Что такое фотонный кристалл? Его основные свойства. б) Зоны в фотонных кристаллах и их оптические проявления в) Современные методы изготовления фотонных кристаллов г) Усиление света на фотонных кристаллах и лазерная генерация д) Применения и перспективы

Итоговая форма контроля

зачет (в 8 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

1. Спектроскопия. Цели и основные задачи спектроскопии. Основные задачи оптической спектроскопии лазерных кристаллов. Три основных направления спектроскопических исследований активированных кристаллов. Прямая и обратная задача спектроскопии

2. Физико-химические свойства лазерных материалов и способы их получения (Зонная структура (диэлектрики, полупроводники) и диапазон прозрачности симметрия кристаллов (двулучепреломление), фотохимическая (радиационная устойчивость), физические параметры кристаллических и аморфных материалов (теплопроводность, константы теплового расширения и пр.), требования к активаторам и к активируемым матрицам)

3. Методы синтеза неактивированных и активированных кристаллов, керамик и стёкл (фазовые диаграммы, законы "активации": изоморфизм, правила Гольдшмидта, Вегарда, Ретгерса, полярности; изовалентная и гетеровалентная активация; закон Галивера-Пфанна и коэффициенты распределения активаторной примеси и т.п.)

4. Активированные и нелинейные материалы, сферы их применения (примеры наиболее используемых активированных и нелинейных кристаллов)

5. Физико-химические характеристики активаторов: ионов переходных металлов, редкоземельных ионов (РЗИ) и актиноидов (электронная структура и валентные состояния;

6. Энергетические уровни свободных ионов и ионов в твердых телах (мультиплеты, правило Гунда, диаграммы Дики -Кроссвайта и Сугано-Танабе, отличия между РЗИ и ионами группы железа, понятие о кристаллическом поле, Штарковская структура уровней РЗИ)

7. Характерные черты оптических спектров кристаллов, активированных ионами группы железа и редкоземельными ионами. Спектры ионов неодима в парамагнитных кристаллах.

8. Интенсивности полос в спектрах (правила отбора, правило Лаппорта, основы теории Джадда-Офельта)

9. Электронные и электронно-колебательные спектры активаторов в кристаллахпринцип Франка-Кондона, правило Стокса и стоксов сдвиг

10. Полуфеноменологическая теория Эйнштейна (коэффициенты Эйнштейна и их связь с измеряемыми спектроскопическими параметрами, время жизни возбужденных состояний, сечения вынужденных переходов, безызлучательные переходы, квантовый выход люминесценции)

11. Передача энергии возбуждения между активаторными ионами (тушение и сенсибилизация люминесценции, кросс-релаксационные и апконверсионные процессы, миграция энергии и концентрационное тушение люминесценции)

12. Схема энергетических уровней и лазерные переходы ионов Nd3+ в кристаллах и стеклах (четырех и квазитрех уровневые схемы лазерной генерации)

13. Кристаллохимические особенности синтеза, физические, спектроскопические и лазерные характеристики кристаллов иттрий-алюминиевого граната Y3Al5O12 (YAG), иттрий-алюминиевого перовскита (YAlO3), YVO4 и LiYF4 (YLF), активированные ионами Nd3+ (спектры поглощения и люминесценции, квантовый выход люминесценции и оптимальные концентрации активаторов в различных матрицах, коэффициенты ветвления, способы накачки этих кристаллов, КПД генерации, температурная перестройка длины волны излучения)

14. Лазерные среды, активированные ионами Er3+. Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации в ИК и видимом диапазонах, способы накачки и характеристики лазерной генерации). Перспективы Er-активированных лазерных материалов.

15. Лазерные среды, активированные ионами Yb3+Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации, способы накачки и характеристики лазерной генерации).

16. Полиактивированные лазерные среды (активированные ионами Tm3+, Ho3+, Er3+ и Dy3+). Схема энергетических уровней и лазерные переходы активаторных ионов в кристаллах и стеклах (схемы лазерной генерации в ИК и видимом диапазонах, способы накачки и характеристики лазерной генерации).

17. Лазерные среды, активированные ионами Cr3+. Спектроскопические и лазерные характеристики кристаллов рубина, форстерита, BeAl2O4, LiCaAlF6, LiSrAlF6 и KZnF3, активированных ионами Cr3+. Лазерные среды, активированные ионами Ti3+. Спектроскопические и лазерные характеристики Ti3+ в кристаллах сапфира. Применения и перспективы

18. Кристаллические лазерные среды ультрафиолетового диапазона. Схема энергетических уровней и лазерные переходы (отличие межконфигурационных переходов от переходов между состояниями внутри одной и той же электронной конфигурации, проблемы получения генерации в УФ области спектра, существующие активные среды). Применения и перспективы

19. Нелинейные лазерные кристаллы. Эффект генерации второй гармоники в нелинейном кристалле (нелинейные восприимчивости, синхронизм). Активированные нелинейные кристаллы и эффект самоумножения частоты лазерной генерации.

20. Кристаллические лазерные среды, использующие явление вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР). Явление комбинационного рассеяния и ВКР. Твердотельные ВКР-преобразователи лазерного излучения. Активированные среды совмещенные с ВКР преобразователем.

21. Полупроводниковые кристаллические лазерные среды Зонная структура полупроводниковых кристаллов (примесные уровни, уровень Ферми-Дирака). Переходы, вызывающие испускание фотона. Методы создания инверсной населенности, явления оптичского усилени и лазерной генерации. Принципы работы инжекционных лазеров, Гетероструктурированные кристаллические материалы для полупроводниковых лазеров.

Текущий контроль усвоения материала осуществляется в виде текущих кратких опросов студентов. Начиная с 5-го занятия. Студенты готовят презентации на 10-15 минут. За подготовленные презентации в течение семестра студент получает до 50 баллов. Для допуска к экзамену студенту необходимо набрать более 28 баллов. На экзамене студент получает 2 вопроса из прилагаемого списка (Приложение 1 стр 1). За ответы на каждый из вопросов он получает до 25 баллов. Результирующая оценка получается суммированием баллов, полученных в течение семестра и на экзамене

7.1. Основная литература:

1. Щапова, И. А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники [электронный ресурс] : учеб. пособие по английскому языку для технических вузов / И. А. Щапова. - 2-е изд., стереотип. - М. : ФЛИНТА, 2011. - 235 с. - ISBN 978-5-9765-0040-4 http://znanium.com/bookread.php?book=454727

2. Ландсберг, Г.С. Оптика : учебное пособие / Г.С. Ландсберг. ? Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. ? 852 с. ? ISBN 978-5-9221-1742-5. ? Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. ? URL: https://e.lanbook.com/book/105019

3. Степанов Е.В. Диодная лазерная спектроскопия и анализ молекул-биомаркеров. Изд.: 'Физматлит', - ISBN: 978-5-9221-1152-2, - 2009, -416 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/2329/#1

4. Евсеев И.В. Когерентные переходные процессы в оптике, - М.: ФИХМАТЛИТ, 2009. - 536 с. - ISBN 978-5-9221-1199-7. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/2731/#1

7.2. Дополнительная литература:

1. Лазеры ультрокоротких импульсов и их применения: Учебное пособие / П.Г. Крюков. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 248 с. http://znanium.com/bookread2.php?book=365088

2. Физика линейных и нелинейных волновых процессов в избранных задачах. Электромагнитные и акустические волны: Учебное пособие / А.Н. Паршаков. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 144 с. http://znanium.com/bookread2.php?book=484936

7.3. Интернет-ресурсы:

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - http://www.umup.narod.ru/cat20.html

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.ph4s.ru/book_ph_spektroskop.html

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - http://lib.myilibrary.com/Home.aspx

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - http://www.natahaus.ru/

книги по квантовой электронике, физике лазеров и спектроскопии - http://www.knigafund.ru/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Спектроскопия лазерных кристаллов" 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 оборудованием 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.

Используется демонстрационное оборудование кафедры

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки Физика магнитных явлений .

Автор(ы):
Юсупов Р.В. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Семашко В.В. _____
"__" _____ 201 __ г.