

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: изучение одного из важнейших методов оптической спектроскопии - люминесцентного анализа вещества. В результате изучения данного курса у студентов, обучающихся по профилю «Физика лазерных и спектральных технологий», должны сформироваться ясные представления о центральных проблемах современной теории люминесценции, об основных методах возбуждения и исследования люминесценции кристаллов.

Задачи учебной дисциплины:

- показать место и роль люминесценции в современной теории твердого тела;
- рассмотреть влияние электронного строения кристаллического вещества на его люминесцентные свойства;
- овладеть знаниями о физических процессах, происходящих при рекомбинационном свечении,
- изучить возможности и достижения современного люминесцентного анализа.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В), блок Б1.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен оценивать параметры излучающих элементов приборов квантовой электроники и фотоники	ПК-3.4	Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	Знать: возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий Уметь: осуществлять процессы выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий Владеть: приемами выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий
ПК-4	Способен создавать базы данных о физических свойствах и технологических особенностях наноструктурных материалов	ПК-4.1	Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов	Знать: физические основы построения приборов для обработки, хранения, передачи оптической информации, основанных на процессах взаимодействия оптического излучения с веществом. Уметь: описывать процессы взаимодействия оптического излучения с веществом. Владеть: базовыми знаниями по квантовой механике, физике твердого тела, физике конденсированного состояния для описания процессов взаимодействия оптического излучения с веществом.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 3 / 108.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачёт с оценкой.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			8
Аудиторные занятия		48	48
в том числе:	лекции	24	24
	практические		
	лабораторные	24	24
Самостоятельная работа		48	48
Групповые консультации		12	12
Форма промежуточной аттестации <i>Зачёт с оценкой</i>			
Итого:		108	108

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
01	<i>Введение. Электронные переходы в кристаллах. Элементарная теория примесных состояний</i>	<i>Электронные переходы. Твердые растворы внедрения, замещения. Вакансии. Элементарная теория примесных состояний.</i>
02	<i>Виды люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции</i>	<i>Классификация различных типов вторичного свечения. Определение люминесценции. Виды люминесценции. Спектры возбуждения люминесценции. Спектры люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции. Закон Стокса-Ломмеля. Антисктоксова люминесценция.</i>
03	<i>Энергетические характеристики люминесценции</i>	<i>Квантовый и энергетический выход люминесценции. Закон С.И.Вавилова об энергетическом выходе люминесценции. Сенситализированная антисктоксова люминесценция.</i>
04	<i>Процессы генерации носителей заряда. Процессы рекомбинации носителей заряда. Механизмы рекомбинации.</i>	<i>Плотность квантовых состояний. Функция распределения Ферми-Дирака. Концентрация электронов и дырок в зонах. Степень заполнения примесных уровней. Равновесные и неравновесные носители заряда. Принцип детального равновесия. Соотношение Ван Русбрека-Шокли. Биполярная оптическая генерация носителей заряда. Монополярная оптическая генерация носителей заряда. Возбуждение центра свечения. Механизмы переноса энергии.</i>
05	<i>Виды излучательной рекомбинации кристаллов</i>	<i>Классификация типов и видов рекомбинационных процессов. Механизмы излучательной рекомбинации. Модели люминесценции Шена, Ламбе-Клика и Вильямса-Пренера. Межзонная излучательная рекомбинация. Прямые и не прямые излучательные переходы. Экситонная рекомбинация. Рекомбинация носителей заряда через ловушки. Излучательные переходы между зоной и примесным уровнем. Мелкие и глубокие переходы. Межпримесная излучательная рекомбинация на донорно-акцепторных парах.</i>
06	<i>Кинетика люминесценции кристаллофосфоров</i>	<i>Кинетика свечения в кристаллах. Стационарное состояние. Квантовый выход. Законы затухания и законы разгорания.</i>
07	<i>Действие ИК света</i>	<i>Фотостимулированная вспышка люминесценции. Светосумма по разгоранию и затуханию вспышки люминесценции. Определение глубины ловушек.</i>
08	<i>Тушение люминесценции</i>	<i>Обзор различных процессов тушения люминесценции. Внутреннее тушение. Внешнее тушение. Тушение 1-го порядка. Тушение 2-го порядка.</i>
09	<i>Исследование спектров люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная</i>	<i>Выбор условий проведения люминесцентных исследований. Описание спектра стационарной люминесценции. Ошибки измерений. Современные методы исследования стационарной люминесценции и кинетики люминесценции. Спектральная аппаратура, источники</i>

	работа № 1)	излучения, светофильтры, монохроматоры, приемники излучения. Калибровка и коррекция люминесцентных измерений. Автоматизация и стандартизация люминесцентных измерений.
10	Исследование фотостимулированной вспышки люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 2)	Фотостимулированная вспышка люминесценции (ФСВЛ). Светосумма по разгоранию и затуханию вспышки люминесценции. Определение глубины ловушек. Блок-схема установки для измерения фотостимулированной вспышки люминесценции. Описание и анализ спектра ФСВЛ.

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)					Зачёт с оценкой	Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа			
01	Введение. Электронные переходы в кристаллах. Элементарная теория примесных состояний	2					1	3
02	Виды люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции	2					1	3
03	Энергетические характеристики люминесценции	2					1	3
04	Процессы генерации носителей заряда. Процессы рекомбинации носителей заряда. Механизмы рекомбинации.	4					1	5
05	Виды излучательной рекомбинации кристаллов	4					2	6
06	Кинетика люминесценции кристаллофосфоров	4					2	6
07	Действие ИК света	4					2	6
08	Тушение люминесценции	2					2	4
01	Исследование спектров люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 1)			12	24			30
02	Исследование фотостимулированной вспышки люминесценции микрокристаллов сульфида кадмия (лабораторная работа № 2)			12	24			30
	Итого	24		24	48		12	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Основными этапами освоения дисциплины являются:

- Изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств научной информации.
- Подготовка к лабораторным занятиям.

В ходе подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации студенту рекомендуется активно использовать электронный образовательный портал Moodle –

электронная среда дисциплины, с предоставлением презентаций лекций, заданий для выполнения лабораторных работ, дополнительного теоретического материала и нормативно-правовых документов по темам и перечней вопросов для подготовки к текущим аттестациям и промежуточной аттестации. Также студенту рекомендуется использовать весь набор методов и средств современных информационных технологий для изучения отечественной и зарубежной литературы по дисциплине, оценки и анализа ее текущего состояния и перспектив развития. Ему предоставляется возможность работать в компьютерных классах факультета (313а аудитория), иметь доступ к Интернет-ресурсам и электронной почте, использовать имеющиеся на кафедре оптики и спектроскопии физического факультета информационные технологии, использовать ресурсы Зональной научной библиотеки ВГУ, в том числе электронно-библиотечные системы.

15 Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Агекян, В.Ф. Люминесценция полупроводниковых кристаллов : учебное пособие : [16+] / В.Ф. Агекян, Н.Р. Григорьева ; Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. – 156 с. : схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457924 . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-288-05661-1. – Текст : электронный.
2	Гапоненко, Н.В. Основы процессов получения легированных оксидных пленок методами золь-гель-технологии и анодного окисления : учебное пособие : [16+] / Н.В. Гапоненко, Л.П. Милешко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 153 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577757

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Матухин В.Л. Физика твердого тела : учеб. пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. - Москва : Лань, 2010. - 218 с. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=262 >
2.	Стафеев С. К. Основы оптики : / Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. - Москва : Лань", 2013. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32822 >
3.	Шалимова К.В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] : учебник / К.В. Шалимова. - Москва : Лань, 2010. - 390. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648 >
4.	Тимофеев В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур : / Тимофеев В.Б. - Москва : Лань", 2015. - Рекомендовано УМО вузов РФ по образованию в области прикладных математики и физики в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Прикладные математика и физика», а также для студентов, обучающихся по другим направлениям и специальностям в области естественных и математических наук, техники и технологии. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56610 >.
5.	Люминесцентные методы исследования оптических свойств примесных центров кристаллов: фотостимулированная вспышка люминесценции : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. магистратуры первого года обучения направления 010700-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : О.В. Овчинников, М.С. Смирнов, А.Н. Латышев. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. – 65 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-165.pdf >
6.	Люминесценция кристаллов : учебное пособие для вузов : [для студ. 4 к. дней. отд-ния физ. фак. направления 010700-Физика, специальности 010701-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая, Л.Ю. Леонова. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012. – 80 с.

7.	Галанин М.Д. Люминесценция молекул и кристаллов / М.Д. Галанин. – М. : Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, 1999. – 200 с.
8.	Степанов Б.И. Введение в современную оптику : поглощение и испускание света квантовыми системами / Б.И. Степанов. – Минск. : Наука и техника, 1991. – 479 с
9.	Сердюк В.В. Люминесценция полупроводников / В.В. Сердюк, Ю.Ф. Ваксман. – Киев. : Выща школа, 1988. – 200 с.
10.	Панков Ж. Оптические процессы в полупроводниках / Ж. Панков. – М. : Мир, 1973. – 456 с.
11.	Фок М.В. Введение в кинетику люминесценции кристаллофосфоров / М.В. Фок. – М. : Наука, 1964. – 283 с.
12.	Агранович В.М. Перенос энергии электронного возбуждения в конденсированных средах / В.М. Агранович, М.М. Галанин. – М. : Наука, 1978. – 273 с.
13.	Антонов-Романовский В.В. Кинетика фотолюминесценции кристаллофосфоров / В.В. Антонов-Романовский. – М. : Наука, 1966. – 324 с.
14.	Кюри Д. Люминесценция кристаллов / Д. Кюри. – М. : Изд-во иностр. лит., 1964. – 199 с.
15.	Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 392 с.
16.	Гурвич Л.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров / Л.М. Гурвич. – М. : Высш. школа, 1982. – 376 с.
17.	Левшин Л.В. Люминесценция и ее измерения / Л.В. Левшин, А.М. Салецкий. – М. : изд-во МГУ, 1989. – 279 с.
18.	Люминесцентный анализ вещества : Пособие для студентов : Специальность "Физика" (010400) / Воронеж. гос. ун-т, Каф. оптики и спектроскопии; Сост. : Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая. — Воронеж, 2004. — 35 с.
19.	Методические указания по технике получения спектров поглощения и люминесценции / сост. Р.П. Воробьева, Т.А. Олейникова. – Воронеж, 1987. – 32 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Поисковая система e-library.ru
2	Поисковая система google.ru
3	Архив научных журналов http://arch.neicon.ru/
4	Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека http://window.edu.ru/
5	Электронный каталог ЗНБ ВГУ https://www.lib.vsu.ru/
6	ЭБС "Издательства "Лань" https://e.lanbook.com
7	ЭБС "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru
8	Национальный цифровой ресурс "РУКОИТ" https://rucont.ru
9	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru
10	Виртуальная обучающая среда Moodle < https://edu.vsu.ru/ >

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Люминесцентные методы исследования оптических свойств примесных центров кристаллов: фотостимулированная вспышка люминесценции : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. магистратуры первого года обучения направления 010700-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. : О.В. Овчинников, М.С. Смирнов, А.Н. Латышев. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. – 65 с. <URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m11-165.pdf >
2.	Люминесценция кристаллов : учебное пособие для вузов : [для студ. 4 к. днев. отд-ния физ. фак. направления 010700-Физика, специальности 010701-Физика] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Т.В. Волошина, И.В. Кавецкая, Л.Ю. Леонова. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012. – 80 с.
3.	Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы обучающимися в бакалавриате по направлению "Физика" [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 4-го курса направления 03.03.02 Физика] / Сост.: Л.Ю. Леонова, Л.В. Титова ; Воронеж. гос. ун-т. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

1.	Microsoft Office
2.	Поисковая система e-library.ru
3.	Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета МГУ lib.mexmat.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Ноутбук Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, Проектор BenQ MS 612ST, Доска магнитно-маркерная 100*200. Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Для проведения лабораторных занятий - спектральные лаборатории кафедры оптики и спектроскопии, оборудованные прецизионным, полностью автоматическим спектрофлуориметром на базе монохроматора МДР-4 и ФЭУ-79, работающим в режиме счета фотонов; прецизионным, полностью автоматическим спектрофлуориметром на

базе монохроматора МДР–23 и ФЭУР955Р (Hamamatsu), работающим в режиме счета фотонов.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-3.4 Знает возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	Знать: возможности процессов выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий Уметь: осуществлять процессы выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий Владеть: приёмами выращивания гетероструктур, методы формирования активного элемента, особенности режимов нанесения диэлектрических отражающих и просветляющих покрытий	Все разделы	Устный опрос. Индивидуальные задания.
ПК-4.1 Осуществляет подготовку реестра допустимых значений физических воздействий на прошедшие испытания материалы и комплектующие для разработки технологических процессов	Знать: физические основы построения приборов для обработки, хранения, передачи оптической информации, основанных на процессах взаимодействия оптического излучения с веществом. Уметь: описывать процессы взаимодействия оптического излучения с веществом. Владеть: базовыми знаниями по квантовой механике, физике твёрдого тела, физике конденсированного состояния для описания процессов взаимодействия оптического излучения с веществом.		
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет			КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение описывать физические основы люминесцентных методов исследования кристаллов.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Посещение лабораторных занятий. Правильно и вовремя выполненные индивидуальные задания. Полный ответ на вопросы контрольно-измерительных материалов во время экзамена. Ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>отлично</i>
<i>Посещение лабораторных занятий. Вовремя выполненные индивидуальные задания без серьезных замечаний. Дан правильный ответ на вопрос контрольно-измерительного материала. Возможны неточности в ответах. Даны неполные ответы на дополнительные вопросы.</i>	<i>базовый уровень</i>	<i>хорошо</i>
<i>Систематические пропуски занятий без уважительных причин. Не вовремя выполненные индивидуальные задания с замечаниями. Студент не справился с ответом на вопрос контрольно-измерительного материала во время экзамена, но может сформулировать и раскрыть физических смысл основных положений курса.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>удовлетворительно</i>
<i>Систематические пропуски занятий без уважительных причин. невыполненные индивидуальные задания. Неверно сформулированные ответы на основные и дополнительные вопросы контрольно-измерительных материалов во время экзамена.</i>	<i>–</i>	<i>неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Электронные переходы.
2. Процессы тушения люминесценции.
3. Элементарная теория примесных состояний.
4. Механизмы излучательной рекомбинации. Модели люминесценции Шена, Ламбе-Клика и Вильямса-Пренера.
5. Классификация различных типов вторичного свечения. Определение люминесценции.
6. Современные методы исследования люминесценции кристаллов.
7. Виды люминесценции.
8. Фотостимулированная вспышка люминесценции.
9. Спектры возбуждения люминесценции. Спектры люминесценции.
10. Определение глубины ловушек в запрещенной зоне кристаллов.
11. Спектральные закономерности люминесценции. Закон Стокса-Ломмеля.
12. Кинетика свечения в кристаллах. Законы затухания люминесценции.
13. Механизмы антистоксовой люминесценции кристаллов.
14. Кинетика свечения в кристаллах. Законы разгорания люминесценции.
15. Процессы генерации носителей заряда.
16. Квантовый выход люминесценции.
17. Соотношение Ван Русбрека-Шокли.
18. Межпримесная излучательная рекомбинация на донорно-акцепторных парах.

19. *Биполярная оптическая генерация носителей заряда.*
20. *Экситонная рекомбинация.*
21. *Рекомбинация носителей заряда через ловушки.*
22. *Излучательные переходы между зоной и примесным уровнем.*
23. *Мелкие и глубокие переходы.*
24. *Монополярная оптическая генерация носителей заряда.*
25. *Возбуждение центра свечения. Механизмы переноса энергии.*
26. *Межзонная излучательная рекомбинация. Прямые и не прямые излучательные переходы.*

Фонд контрольно-измерительного материала для зачета

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

_____ Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

___.__.20__

Направление подготовки / специальность 03.03.02 - Физика

Дисциплина _____ Люминесценция _____

Форма обучения _____ очная _____

Вид контроля _____ зачет _____

Вид аттестации _____ промежуточная _____

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Электронные переходы.

2 Фотостимулированная вспышка люминесценции

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой оптики и спектроскопии

_____ Овчинников О.В.
подпись, расшифровка подписи

___.__.20__

Направление подготовки / специальность 03.03.02 - Физика

Дисциплина _____ Люминесценция _____

Форма обучения _____ очная _____

Вид контроля _____ зачет _____

Вид аттестации _____ промежуточная _____

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Кинетика свечения в кристаллах. Законы затухания люминесценции.

2. Межпримесная излучательная рекомбинация на донорно-акцепторных парах.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи