



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФВТ

_____ А.Н.Яковлев

«__» _____ 2014 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ ОПТИЧЕСКИХ СРЕД**

НАПРАВЛЕНИЕ ООП: 12.04.02 ОПТОТЕХНИКА

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ: Фотонные технологии и материалы

Светотехника и источники света

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ): магистр

БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА 2014 г.

КУРС 1; СЕМЕСТР 2;

КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ: 3

ПРЕРЕКВИЗИТЫ: «Информатика», «Математика», «Физика»

КОРЕКВИЗИТЫ: «Основы оптики», «Фотометрия и колориметрия». «Иностранный язык»

ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:

ЛЕКЦИИ	8	часов (ауд.)
ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	24	часа (ауд.)
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	16	часов (ауд.)
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	48	часов
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	60	часов
ИТОГО	108	часов

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ: ЭКЗАМЕН В 2 СЕМЕСТРЕ

ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ КАФЕДРА: «Лазерная и световая техника»

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ: к.ф.-м.н., доцент А.Н. Яковлев

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП: д.ф.-м.н., д.ф.-м.н., проф. Корепанов В.И.,

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: д.ф.-м.н., проф. Штанько В.Ф.,

Общие положения

Документ: E:\2 ФКОС УМКД\РП ФКОС 2014.doc/ стр. 1 из 13

Разработал: Штанько В.Ф.

Дата разработки: 26.09.2014 г.



Особенностями основной образовательной программы (ООП) «Оптотехника» являются:

- ориентация на компетенции выпускников как результаты обучения (*Learning Outcome-based Approach*) при разработке, реализации и оценке программы,
- использование кредитной системы *ECTS (European Credit Transfer System)* для оценки компетенций, а также дидактических единиц программы, обеспечивающих их достижение,
- учет требований международных стандартов *ISO 9001:2008*, Европейских стандартов и руководств для обеспечения качества высшего образования (*ESG, Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area*) в рамках Болонского процесса, а также национальных и международных критериев качества образовательных программ (Ассоциации инженерного образования России, согласованных с *EUR-ACE Framework Standards for Accreditation of Engineering Programmes* и *FEANI*).

1. Цели освоения дисциплины

В результате освоения данной дисциплины магистрант приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей Ц1, Ц2 и Ц3 основной образовательной программы «Оптотехника».

Целью изучения дисциплины является подготовка специалиста обладающего знаниями современного состояния физики конденсированных оптических сред. Прежде всего, это касается исследований кристаллов и неупорядоченных материалов – полупроводников, металлов и диэлектриков. Курс предназначен для формирования представлений об основных понятиях и идеях современной физики конденсированного состояния вещества, подготовить студентов к самостоятельному изучению оригинальных работ в данной области, выполнению технологических задач, овладению методами решения задач по физике твердого тела, методами постановки физического эксперимента.

После изучения курса «Физика конденсированных оптических сред» студент должен:

1. Иметь представление об фундаментальных понятиях, законах и теориях физики твердого тела, а также о методах исследования материалов.
2. Овладеть приемами решения конкретных прикладных задач использования материалов.
3. Овладеть методами проведения экспериментов и обработки результатов.

Задача изучения дисциплины - повышение теоретических и практических навыков расчетно-конструкторской и экспериментальной деятельности, связанных с использованием твердых тел и методов модифицирования их свойств.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физика конденсированных оптических сред» относится к специальным дисциплинам профессионального цикла. Она непосредственно связана с дисциплинами естественнонаучного и математического цикла (физика, математика, информатика) и общепрофессионального цикла (основы оптики, источники излучения, световые и оптические приборы) и опирается на освоенные при изучении данных дисциплин знания и умения. Коррективитами для дисциплины «Физика конденсированных оптических сред» являются дисциплины ЕНМ и ОП циклов: «Источники света», «Фотометрия и колориметрия», «Оптические и световые измерения».

1.2. Задачи изложения и изучения дисциплины:.

После изучения данной дисциплины магистранты приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы. Соответствие результатов освоения дисциплины «Физика конденсированных оптических сред» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице.1

Результаты обучения, (коды)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P.1	3.1.1	Углубленные фундаментальные знания в области естественных наук, углубленные специальные научно-технические знания в области светотехники, фотонных технологий	У.1.1	Уметь применять полученные знания при реализации конкретных исследований в области светотехники, фотонных технологий и материалов, составлять план научного исследования	В.1.1	Владеть опытом работы с литературными источниками и <i>Internet</i> -сайтами с применением современных информационных технологий
P.5	3.5.2.	Знать технологию производства оптических элементов опτικο-электронных и световых приборов и систем, стандартные методы исследования и испытания светотехнических и оптических приборов и устройств по определению показателей качества	У.5.2	Уметь составлять технические задания на проектирование приспособлений, оснастки, оптимизировать программы модельных и натуральных исследований и испытаний материалов, элементов, приборов и систем	В.5.2	Владеть опытом разработки программ испытаний, оформления отчетов, опытом работы с контрольно-измерительными приборами и устройствами при тестировании изделий оптоэлектроники, светотехники
P.7.	3.7.1	Знать традиционные методы решения научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области и светотехники, фотонных технологий и материалов, а также в смежных областях знаний, знать нерешенные проблемы и задачи светотехники,	У.7.1	Уметь применять творческие нестандартные подходы, новые знания и умения, в том числе в смежных областях, для решения проблемных задач в области светотехники, фотонных технологий и материалов	В.7.1.	Владеть опытом обобщения, анализа, систематизации информации, самостоятельного решения научно-исследовательских, проектно-конструкторских, технологических задач, в том числе при выполнении выпускных квали-



		фотонных технологий и материалов, требующие абстрактного мышления и оригинального решения				фикационных работ и курсовых
Р.8.	З.8.1	Знать общекультурные ценности современного общества, тенденции их совершенствования	У.8.1	Уметь анализировать свои возможности, совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень на основе анализа информации, накопленного опыта, в том числе из профессиональных информационных источников	В.8.1	Владеть опытом использования основных методов организации самостоятельного обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физика конденсированных оптических сред» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Результат
РД1	знать: физику процессов образования конденсированных оптических сред;
РД2	знать: природу сил связи и строение твердых тел;
РД3	знать: основы теории колебаний решетки;
РД4	знать: строение и свойства металлов, полупроводников и диэлектриков;
РД5	знать: контактные явления и способы формирования гомо-, гетероструктур и наноструктур.
РД6	уметь: анализировать физические процессы в конденсированных оптических средах используя представления о зонном строении твердых тел;
РД7	уметь: различать конденсированные оптические среды по типу химической связи, их электрическим, оптическим и другим свойст-



	вам;
РД8	<i>уметь:</i> пользоваться экспериментальными методами и техникой оптикофизических исследований свойств оптических материалов.
РД9	<i>владеть:</i> владеть методами планирования и проведения экспериментов и обработки результатов.
РД10	<i>владеть:</i> методами поиска и использования научно-техническую информации в исследуемой области из различных ресурсов: <i>Internet</i> -ресурсов, баз данных и каталогов, электронных журналов и патентов, поисковых ресурсов и др.

4. Структура и содержание дисциплины

РАЗДЕЛ I. Типы химических связей в конденсированных оптических средах

Цели и задачи курса. Кристаллическая структура твердых тел и их форма. Типы межатомных связей Ван-дер-Ваальсово взаимодействие. Ковалентная связь. Ионная связь. Водородная связь. Металлическая связь. Классификация твердых тел по типам связи.

Виды учебной деятельности:

Лекции: 1. Типы химической связи атомов в конденсированных средах

Практические занятия: Энергия связи кристаллических решеток.

РАЗДЕЛ II Структура кристаллов

Трансляции и кристаллическая решетка. Операции симметрии. Элементарная ячейка. Основные типы кристаллических решеток. Положение и ориентация плоскостей в кристаллах. Индексы Миллера и кристаллографические направления. Структуры реальных кристаллов. Дифракция в кристаллах. Дифракция как метод исследования. Закон Брэгга. Дифракция в аморфных телах.

Виды учебной деятельности:

Лекции: 1. Основные типы кристаллических решеток и их симметрия

Практические занятия: Структура кристаллов. Обозначение узлов, направлений и плоскостей в кристаллах

РАЗДЕЛ III. Динамика кристаллической решетки

Упругие свойства кристаллов. Анализ упругих деформаций Упругие волны в кристаллах. Упругие постоянные. Пластические свойства кристаллических веществ. Закон Гука. Фононы и колебания решетки. Квантовый характер колебаний решетки. Импульс фонона. Колебательные моды одноатомной цепочки.

Решетка с двумя атомами в примитивной ячейке. Теплоемкость кристаллической решетки. Модель Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая. Температура Дебая.

Лекции: Тепловые свойства конденсированных сред.

Практические занятия: Теплоемкость конденсированных сред и тепловое расширение.

РАЗДЕЛ IV. Зонная теория твердых тел

Адиабатическое приближение. Одноэлектронное приближение. Модель почти свободных электронов. Зоны Бриллюэна. Метод сильной связи. Закон дисперсии. Число уровней в зоне. Металлы, диэлектрики и полупроводники.

Лекции: Электронные состояния в конденсированных средах

Практические занятия: Зонная структура кристаллов

Лабораторные работы:

1. Спектр оптического поглощения конденсированных сред.

РАЗДЕЛ V. Полупроводники

Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные состояния. Элементарная теория примесных состояний. Поверхностные состояния. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Плотность состояний. Концентрация электронов и дырок в зонах. Концентрация электронов и дырок на локальных уровнях. Взаимная компенсация доноров и акцепторов.

Лекции: 1. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Практические занятия: Зависимость концентрации электронов и дырок от температуры.

Лабораторные работы: Зависимость спектров оптического поглощения радиационных дефектов от температуры.

РАЗДЕЛ VI. Контактные явления

Потенциальные барьеры. Работа выхода. Термоэлектронная эмиссия. Эмиссия во внешнем поле и автоэлектронная эмиссия. Фотоэмиссия. Вторичная электронная эмиссия. Контактная разность потенциалов. Контакт металл-металл. Контакт металл-полупроводник. $p-n$ - переход. Вольтамперная характеристика $p-n$ - перехода. Гомо- и Гетеропереходы. Наноструктуры. Полупроводниковые излучающие приборы: светодиоды и полупроводниковые лазеры.

Лекции: Контактная разность потенциалов и принцип действия полупроводниковых излучающих приборов.

Практические занятия: Эмиссия электронов.

Лабораторные работы: Изучение импульсной фотолюминесценции монокристаллов А2Б6



РАЗДЕЛ VII. Дефекты кристаллической решетки и диффузия в твердых телах

Точечные дефекты. Плотность дефектов в состоянии теплового равновесия. Стехиометрия. Диффузия. Законы Фика. Дислокации. Вектор Бюргерса. Движение дислокаций. Поверхностные дефекты. Границы зерен.

Лекции: Влияние точечных и линейных дефектов на физические свойства конденсированных сред.

Практические занятия: Концентрация собственных и примесных дефектов в кристаллах.

РАЗДЕЛ VIII. Неупорядоченные материалы

Неупорядоченные материалы. Атомная структура. Неупорядоченные линейные цепочки. Статистическая геометрия сеток связей. Стекла. Структура и свойства стекол. Оптические свойства неупорядоченных легированных оптических сред.

Лекции: Структура, состав и свойства стекол

Практические занятия: Оптические свойства неупорядоченных материалов

Лабораторные работы: Изучение спектров оптического поглощения и люминесценции чистых и активированных стекол.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает¹:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение курсовой работы ;



- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

6.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине

Темы индивидуальных заданий:

- Зонная схема конденсированных оптических сред.
- Виды оптического поглощения конденсированных оптических сред;
- Статистика электронов и дырок в полупроводниковых активных средах;
- Энергетические параметры инжекционных лазеров и светодиодов;
- Уровень Ферми в собственных и примесных полупроводниках;
- Перспективы использования наноструктур в оптотехнике;

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Виды электронной эмиссии
- Влияние температуры на концентрацию свободных электронов в чистом и легированном полупроводниках
- Оптическое поглощение в чистых и легированных неупорядоченных средах

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- выполнение задания на самостоятельную работу осуществляется во время трех контрольных точек в течение семестра.
- по результатам анализа научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

При выполнении самостоятельной работы рекомендуется использовать:

- материалы, размещенные на персональном сайте преподавателя;
- ресурсы в LMS Moodle

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
1. Текущий контроль изучения теоретических разделов дисциплины	РД1, РД2



ны осуществляется в виде двух коллоквиумов в течение семестра.	РД3,РД4,РД5
2. Выполнение и защита результатов лабораторных работ	РД6,РД7,РД8
3.Разработка и представление презентаций по индивидуальным тематикам исследований	РД9,РД10

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств²) (с примерами):

Вопросы входного контроля:

1. С какой силой взаимодействуют между собой соседние ионы цезия и хлора в кристалле хлористого цезия ?
2. Какие плоскости в структуре гранцентрированного куба и объемноцентрированного куба имеют наибольшую плотность упаковки атомов?
3. Что понимается под дисперсионным соотношением при описании колебаний кристаллической решетки?
4. Как образуются зоны разрешенных энергий электронов в кристаллах?
5. Чем отличаются зонные схемы для полупроводников, диэлектриков и металлов?
6. Объясните, как вычисляется концентрация электронов в зоне проводимости собственного полупроводника или диэлектрика. Какова зависимость этой концентрации от температуры?
7. Виды оптического поглощения в диэлектриках и полупроводниках.

Контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий:

1. Как влияет температура на концентрацию свободных электронов в примесном полупроводнике?
2. Объясните, как вычисляется концентрация электронов в зоне проводимости собственного полупроводника или диэлектрика. Какова зависимость этой концентрации от температуры?
3. Почему при контакте металла и полупроводника контактное поле в основном проникает в полупроводник и практически не проникает в металл?

Вопросы, выносимые на экзамен.

1. Обозначение энергетической зонной схемы для полупроводников, диэлектриков и металлов
2. Нормальные колебания кристаллической решетки. Дисперсионное соотношение для двухатомной цепочки. Акустические и оптические колебания.



3. Контактная разность потенциалов между металлом и полупроводником при разных соотношениях работ выхода.
4. Условие усиления излучения в полупроводниках для межзонных переходов.
5. Принцип действия светодиодов и полупроводниковых лазеров.
6. Оптические материалы, используемые для рабочих сред инжекционных лазеров.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсового проекта (работы) определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.



9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела, Москва «Наука», 1989
2. Блейкмор Дж. Физика твердого тела, Москва, «Мир», 1988
3. Павлов П.В., Хохлов А.Ф., Физика твердого тела, Москва, ВШ. 2000
4. Киреев П.С. Физика полупроводников. Учебн. пособие для втузов. М., «Высшая школа», 1975
5. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела, М.: Мир. 1969
6. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков, М., «Высшая школа», 1975
7. Левич В.Г. Курс теоретической физики, Том 1, Москва «Наука», 1969
8. Мотт Н., Герни Р. Электронные процессы в ионных кристаллах. М.: ИЛ. 1950
9. Медведев С.А. Введение в технологию полупроводниковых материалов, М., «Высшая школа», 1970
10. Фистуль В.И. Сильно легированные полупроводники. М.: Наука, 1965.
11. Жирифалько Л., Статистическая физика твердого тела, М.: Мир. 1975
12. Верещагин И.К., Кокин С.М., Никитенко В.А., Селезнев В.А., Серов Е.А. Физика твердого тела, Уч. пособ. Для втузов, М.: Высш.шк., 2001-237с.
13. Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир. т.т.1,2.1982
14. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г., Физика полупроводников М.: Наука, 1977
15. Спроул Р. Современная физика. Квантовая физика атомов, твердого тела и ядер. - М.: Наука, 1974.
16. Шалимова К.В. Физика полупроводников. - М.: Энергия, 1971.
17. Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. -Л.: Наука, 1972.
18. Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник. - М.: Мир, 1975.
19. Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов. - М.: Энергоиздат, 1982.
20. Преображенский А.А. Магнитные материалы и элементы. - М.: Высш. школа, 1976.
21. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. -М.: Высш. школа, 1986.
22. Гурвич А.М. Введение в физическую химию кристаллофосфоров. - М.: Высш.шк., 1982.
23. Физическое металловедение / Под ред. Р.Кана. - М.: Мир, т. 1, 1967, т. 2 и 3, 1968.
24. Булярский С.В., Фистуль В.И. Термодинамика и кинетика взаимодействующих дефектов в полупроводниках. - М.: Наука, 1997.



25. Гусев А.И., Ремпель А.А., Нанокристаллические материалы Москва, Физматлит, 2001.

Дополнительная литература:

1. А.Н. Пихтин. Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники. М. : Высшая школа, 1983. -304 с.
2. А.А. Радциг, Б.М. Смирнов. Справочник по атомной и молекулярной физике. М.: Атомиздат, 1980. -344 с.

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

<http://www.elmagn.chalmers.se/~igor/> - Физическая энциклопедия OnLine 5-ти томная физическая энциклопедия. Формат Adobe PDF.

<http://www.kiae.ru/> - "Курчатовский институт" - российский научный центр. Направления работы. Библиография опубликованных работ.

<http://www.niifp.ru/> - Исследовательский институт физических проблем. Микромеханические и сверхпроводниковые устройства, наноэлектроника.

<http://www.lpi.ru/> - Физический Институт им. П.Н.Лебедева Российской Академии Наук. Научные материалы. Работы сотрудников института.

<http://www.phys.spbu.ru/~monakhov/> - Санкт-Петербургская образовательная сеть по физике. Электронные учебные пособия. Дистанционное тестирование знаний.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	компьютерные классы	16В-248, 16В-250
2	учебные лаборатории,	16Б-240

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 12.04.02 «Опготехника» и профилям подготовки «Фотонные технологии и материалы» и «Светотехника и источники света»

Программа одобрена на заседании кафедры ЛИСТ ИФВТ

(протокол № _____ от «___» _____ 201__ г.).

Автор(ы) _____ Штанько В.Ф. _____



Рецензент(ы) _____ Корепанов В.И. _____