

Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов

(название дисциплины)

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов» направлена на формирование общепрофессиональных компетенций, является курсом по выбору в программе аспирантуры по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» и направленности «Физика конденсированного состояния», и изучается на 4-ом году обучения во 7 семестре.

Освоение дисциплины «Современные методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов» опирается на знания, умения, навыки и компетенции в области общей физики, сформированные на предшествующих уровнях образования, и направлено на углубление теоретических знаний и совершенствование практических навыков и умений в научных и научно-прикладных исследованиях.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Цель обучения по дисциплине: Практическое освоение ряда базовых методов оптической спектроскопии, основанное на:

1. изучении принципов и теоретических основ оптической спектроскопии;
2. изучении аппаратной и приборной базы оптической спектроскопии;
3. практическом изучении методических особенностей исследований свойств твердотельных структур и объёмных материалов на базе ряда распространённых методов оптической спектроскопии.

Дисциплина направлена в большей степени на практическое освоение ряда распространённых методов оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов (диэлектрические или полупроводниковые кристаллы, различные материалы на их основе, твердотельные наноструктуры, содержащие квантовые ямы или квантовые точки, нанокластеры, и т.п.). Рассматриваются принципы работы и основные характеристики компонентов оптических спектроскопических систем (источников и детекторов излучения, спектральных приборов), а также способы сбора и анализа данных в ходе спектроскопических измерений. Осваивается ряд методов оптической спектроскопии твердых тел и твердотельных наноструктур, в частности, методы измерения спектров пропускания и фотолюминесценции, фотоэлектрических спектров полупроводниковых квантоворазмерных гетеронаноструктур, спектров второй оптической гармоники нелинейно-оптических кристаллов, основы фурье-спектроскопии.

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и современного аналитического и измерительного оборудования (ОПК-1).

Задачей дисциплины «Методы оптической спектроскопии твердотельных структур и объёмных материалов» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» и направленности «Физика конденсированного состояния» является формирование у

выпускников аспирантуры углубленных (по сравнению с уровнем специалиста и магистра) знаний, умений, навыков и компетенций в следующих профессиональных областях:

в области фундаментальных знаний:

- углубленные фундаментальные знания в области оптики и оптических свойств материалов.

с научно-практической точки зрения:

- использование в своей профессиональной области ряда базовых апробированных методов оптической спектроскопии материалов и соответствующего современного исследовательского оборудования;
- разработка новых методик исследования оптических свойств материалов.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачётные единицы, всего - 72 часа, из которых 10 часов - занятия лекционного типа, 18 часов - занятия лабораторного типа (научно-практические занятия, лабораторные работы), 36 часов - самостоятельная работа обучающегося, 2 часа - аттестация по дисциплине (зачет).

4. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Принципы и теоретические основы оптической спектроскопии

Электромагнитное излучение и шкала электромагнитных волн. Оптическое излучение. Законы теплового излучения. Равновесное тепловое излучение. Оптические спектры излучения атомов. Взаимодействие излучения с веществом: оптические свойства диэлектриков, металлов, полупроводников, твердотельных наноструктур. Отражение, поглощение, люминесценция, фотоэффект, рамановское рассеяние и другие эффекты взаимодействия излучения с веществом. Принципиальные методы исследования спектрального состава излучения. Общие принципиальные характеристики спектральных приборов. Базы данных длин волн спектральных линий химических элементов.

Раздел 2. Аппаратурная и приборная база оптической спектроскопии

Характеристики некоторых оптических сред и материалов. Просветляющие и зеркальные покрытия. Фильтрация и модуляция излучения. Источники теплового излучения. Источники нетеплового излучения (газоразрядные, светодиодные, лазерные и др.). Приёмники оптического излучения. Матричные приёмники излучения. Особенности спектральных приборов различных типов. Диспергирующие и недиспергирующие спектральные приборы, эшелле-спектрометры, интерференционные спектральные приборы, фурье-спектрометры. Щелевые и бесщелевые спектрометры. Оптика диспергирующих призм и дифракционных решёток, их основные особенности, типы и характеристики. Монохроматоры, спектрометры, спектрографы. Электронное измерительное оборудование, используемое в оптической спектроскопии. Метод синхронного детектирования слабых сигналов, синхронные усилители. Сопряжение спектральной установки с компьютером, оцифровка, визуализация, анализ и обработка спектральных данных.

Раздел 3. Основные практические методы оптической спектроскопии и их особенности

Калибровка спектров по интенсивности и калибровка спектральных приборов по длинам волн. Измерение спектров пропускания (поглощения) и отражения с помощью спектрометров на основе дифракционных решёток и с помощью фурье-спектрометров.

Измерение спектров фотолюминесценции и электролюминесценции. Спектральные исследования твердых тел при низких температурах (образец в криостате). Фотолюминесцентная спектроскопия полупроводников и квантово-размерных структур. Абсорбционная и фототермоионизационная спектроскопия фотоактивных примесей в полупроводниках. Методы фотоэлектрической спектроскопии квантово-размерных гетеронаноструктур. Спектроскопия поверхностной (конденсаторной) фотоэдс. Фотоэлектрическая спектроскопия в р-і-п диоде. Фотоэлектрическая спектроскопия на контактах полупроводника с металлом (барьер Шоттки) и электролитом. Спектроскопия барьерной фотопроводимости. Экспериментальная методика оценки квадратичной нелинейной восприимчивости на порошковых образцах нелинейно-оптических кристаллов.

5. Аттестация по дисциплине

Аттестация по дисциплине проходит в виде зачета по семестровому курсу.

Зачет выставляется по совокупности данных о посещаемости лекций и лабораторных занятий, результатам опросов по различным разделам дисциплины и отчетам по лабораторным работам, а также по результатам защиты реферата.

Тема реферата формулируется на консультации аспиранта со своим научным руководителем, рассматривается и утверждается руководителем практических занятий, который также осуществляет постоянное консультирование в ходе подготовки реферата.

Авторы: Марычев М.О., к.ф.-м.н., доцент; Горшков А.П., к. ф.-м. н., доцент.