

Актуальные проблемы теории оптических явлений в полупроводниках и полупроводниковых структурах

(название дисциплины)

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Актуальные проблемы теории оптических явлений в полупроводниках и полупроводниковых структурах» относится к числу общепрофессиональных дисциплин, является дисциплиной по выбору и изучается на 2-ом году обучения, в 4-ом семестре.

Изучению данной дисциплины предшествует изучение общих и специальных курсов по квантовой физике твёрдого тела, физике низкоразмерных структур, теории систем многих частиц, теории групп, квантовой теории поля, изучаемых в рамках соответствующих программ обучения в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре на предшествующих ступенях высшего профессионального образования.

В ходе изучения дисциплины обучающиеся должны получить представление о современном состоянии исследований в области оптики объемных полупроводников и полупроводниковых наноструктур. Обучающийся должен освоить основные методы расчёта физических характеристик таких объектов, в том числе способы нахождения квантовых состояний, спиновой поляризации, релаксационных и оптических параметров. По итогам изучения курса обучающиеся должны также овладеть навыками расчёта и умением делать оценки экспериментально и технологически значимых параметров исследуемых структур, в том числе для их последующего использования в нанoeлектронике, спинтронике, и системах квантовых вычислений.

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

Целями изучения дисциплины «Актуальные проблемы теории оптических явлений в полупроводниках и полупроводниковых структурах» являются:

- Владение основными положениями современной квантовой теории объемных полупроводников и полупроводниковых структур, а также понимание физических механизмов протекания в них оптических явлений;
- Освоение аспирантами методов расчёта характерных времен излучательных и безызлучательных переходов, происходящих в полупроводниках;
- Выработка у аспирантов практических навыков моделирования кинетики люминесценции в реальных полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах аналитическими и численными методами.

Выпускник, освоивший программу данной дисциплины, должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Способностью самостоятельно ставить сложные научно-исследовательские задачи в своей профессиональной области, в том числе - самостоятельно проводить поиск и анализ современной научной, технической и патентной литературы по перспективным направлениям физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в

смежных областях (информационных технологий в физике) (ПК-1);

- Способностью самостоятельно проводить научно-исследовательские и прикладные исследования по перспективным направлениям физики конденсированного состояния, физического материаловедения, в том числе - в смежных областях (информационных технологий в физике), удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности), и получать новые научные и прикладные результаты в области физики конденсированного состояния, физического материаловедения и в смежных областях (информационных технологий в физике) (ПК-2);
- Способностью самостоятельно разрабатывать новые модели сложных физических процессов, которые, в том числе, могут быть положены в основу новых технологических процессов (в том числе - нанотехнологических) получения конструкционных и multifunctional материалов (в том числе - наноматериалов) (ПК-4);
- Готовностью организовывать и планировать научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области физики конденсированного состояния, физического материалов и в смежных областях, а также организовывать работу небольших научно-исследовательских групп (научно-исследовательских лабораторий) для решения сложных научных и/или технологических задач инновационного характера (ПК-9).

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины «Актуальные проблемы теории оптических явлений в полупроводниках и полупроводниковых структурах» составляет 3 зачётные единицы, всего - 108 часов, из которых 36 часов – занятия лекционного типа, 18 часов – практические занятия, 36 часов – промежуточная и итоговая аттестация, 18 часов – самостоятельная работа обучающегося.

4. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом

Экранирование электромагнитного поля в твердых телах. Формула Линдхарда. Временная дисперсия диэлектрической проницаемости. Коэффициент поглощения электромагнитной волны. Соотношения Крамерса-Кронига. Микроскопический подход. Гамильтониан системы. Вероятность (скорость) межзонного электронного перехода в единицу времени. Правила отбора по квазиимпульсу. Поглощение волны. Расчет диэлектрической функции. Коэффициент поглощения электромагнитной энергии полупроводником. Сила осциллятора. Излучение электромагнитной волны. Связь между вероятностью излучения и коэффициентом поглощения.

Раздел 2. Поглощение света прямозонными полупроводниками

Использование «Золотого правила Ферми» для расчета вероятности поглощения света. Коэффициент поглощения электромагнитной волны в случае прямых межзонных переходов. Зависимость коэффициента поглощения от частоты поглощенного света – пороговый характер поглощения.

Раздел 3. Электрон-фононное взаимодействие

Колебания кристаллической решетки. Акустические и оптические моды. Квантование колебаний решетки – фононы. Взаимодействие электронов с колебаниями решетки: модели жестких и деформированных ионов.

Раздел 4. Поглощение света непрямозонными полупроводниками

Расчет вероятности электронно-дырочного перехода с участием фононов в кремнии и германии. Теория возмущений второго порядка для таких переходов. Типы промежуточных состояний. Коэффициент поглощения света в непрямозонном полупроводнике – зависимость от частоты поглощенного света.

Раздел 5. Оптические переходы в квантовых ямах и точках

Электронные спектры и волновые функции в квантовых структурах – эффект размерного квантования. Энергетические подзоны и минизоны. Приближение огибающей. Межзонные и внутризонные переходы. Вычисление коэффициента поглощения электромагнитной волны в квантовых ямах, сверхрешетках и квантовых точках.

4. Аттестация по дисциплине технологии

Занятия по дисциплине «Актуальные проблемы теории оптических явлений в полупроводниках и полупроводниковых структурах» проходят в лекционной форме и в форме практических занятий, а также в форме самостоятельной работы обучающихся.

Итоговая аттестация проводится в форме устного экзамена, в ходе которого обучающиеся должны представить развернутый ответ на три вопроса, содержащиеся в перечне контрольных вопросов.

Авторы: д.ф.-м.н., доцент, Бурдов В.А., д.ф.-м.н. профессор, Сатанин А.М.