

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ
(СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника и Положением «Об УМКД РАУ».



Директор А.А. Саркисян

“21” июля 2023г.

Инженерно-физический Институт

Кафедра: Общей физики и квантовых наноструктур

Автор(ы): к.ф.-м.н., доцент Айрапетян Давид Борисович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.ДВ.06.02 «Оптика квантовых точек»

Направление: 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

**Основная образовательная программа магистратуры:
«Квантовая и оптическая электроника»**

1. Аннотация

В данном курсе описываются процессы фундаментального поглощения в квантовых точках (КТ) с различными геометрическими формами, таких как сферическая, цилиндрическая, эллипсоидальная, линзообразная, коническая и сферически слоистая, в том числе при наличии внешних магнитного и электрического полей. Другие темы включают влияние экситонных эффектов на коэффициент межзонного поглощения и применение ансамблей из КТ для конструирования QD-LED устройств.

Цель преподавания дисциплин:

Целью курса является формирование представлений о оптических свойствах квантовых точек различных геометрий, о том, как влияет понижение размерности на оптические свойства, и какие новые эффекты при этом появляются, а также дать теоретические основы описания свойств квантовых точек квантово-механическими методами. Подготовка будущих специалистов в области микро- и наноэлектроники с необходимым багажом теоретических и прикладных знаний.

Учебная задача: Задачи курса состоят в изложении принципиальных понятий фундаментального поглощения протекающих в квантовых точках различных геометрий, а также изложение элементарных представлений об использовании этих явлений в современных областях техники (гетероструктурные лазеры, диоды и т. д.).

Основные методы проведения занятий, лекции, семинары, самостоятельная работа.

Список литературы: содержит 3 наименований книг и монографий отечественных и зарубежных авторов; этот список поможет студентам освоить и создать свой профессиональный исследовательский инструментарий, обеспечить целостность обучения.

Краткое содержание курса: Сферическая квантовая точка; Цилиндрическая квантовая точка; Коническая квантовая точка; Эллипсоидальная квантовая точка; Линзообразная квантовая точка; Сферическая слоистая квантовая точка; Эффект магнитного поля на межзонное поглощение; Эффект электрического поля на межзонное поглощение.

Взаимосвязь с другими дисциплинами специальности: Квантоворазмерные структуры наноэлектроники; Приближенные методы квантовой механики; Компьютерные технологии в физике.

2. Требования к исходным уровням знаний и умений студентов

Знать:

Студенты должны знать полупроводниковую физику и квантовую механику

Уметь:

Интерпретировать теоретические расчеты и сформулировать основные результаты расчетов.

Владеть:

Навыками решения дифференциальных уравнений второго порядка частными производными.

3. Цель и задачи дисциплины

Основная цель изучаемой дисциплины — ознакомление студентов с фундаментальным поглощением происходящим в квантовых точках. Подготовка будущих специалистов в области нанoeлектроники с необходимым багажом теоретических и прикладных знаний и дальнейшему изучению специальной литературы по отдельным вопросам данной отрасли.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

Знать о специфике межзонного поглощения в системах полупроводниковых квантовых точках.

Уметь:

Уметь интерпретировать результаты измерений, а также теоретических расчетов искомых физических характеристик полупроводниковых квантовых точек.

Владеть:

Иметь навыки для реализации численного моделирования оптических процессов, протекающих в квантовых точках.

5. Трудоемкости дисциплины и видов учебной работы по учебному плану

Виды учебной работы	Всего (ак. час)
<i>Общая трудоемкость изучения дисциплины, в т.ч.:</i>	72 (2 кр.)
1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	18
1.1. Лекционные занятия	18
1.2. Семинарские занятия	-
1.3. Практические занятия	-
1.4. Лабораторные работы	-
2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	54
2.1. Контактная самостоятельная работа	-
2.2. Бесконтактная самостоятельная работа	54
<i>Итоговый контроль</i>	<i>Зачет</i>

6. Распределение весов по формам контроля

Веса и формы контролей	Вес форм текущих контролей в результирующей оценке текущего контроля			Вес форм промежуточных контролей и результирующей оценки текущего контроля в итоговой оценке промежуточного контроля			Вес итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточного контроля	Вес результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1	M2	M3	M1	M2	M3		
Вид учебной работы/ контроля								
Контрольная работа				0	0	1		
Тест								
Курсовая работа								
Лабораторные работы								
Письменные домашние задания	0	0	0					
Эссе								
Семинар	0	0	0					
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках соответствующих промежуточных контролей				0	0	1		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0	
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								1
Вес оценки экзамена/зачета в результирующей оценке итогового контроля								0
	$\Sigma=0$	$\Sigma=0$	$\Sigma=0$	$\Sigma=0$	$\Sigma=0$	$\Sigma=1$	$\Sigma=1$	$\Sigma=1$

7. Содержание дисциплины

7.1 Тематический план и трудоемкости аудиторных занятий

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекционные занятия (ак. часов)	Семинарские занятия (ак. часов)	Практические занятия (ак. часов)	Лабораторные работы (ак. часов)
1	2	3	4	5	6
МОДУЛЬ 1. Фундаментальное поглощение в квантовых точках					
Введение					
<u>Раздел 1. Сферическая квантовая точка</u>					
<i>Тема 1.1. Режим сильного размерного квантования</i>		1			
<i>Тема 1.2. Режим промежуточного размерного квантования</i>		1			
<i>Тема 1.3. Режим слабого размерного квантования</i>		1			
<u>Раздел 2. Цилиндрическая квантовая точка</u>					
<i>Тема 2.1. Энергетический спектр и волновые функции</i>		1			
<i>Тема 2.2. Прямое межзонное поглощение</i>		1			
<i>Тема 2.3. Экситонные эффекты</i>		1			
<u>Раздел 3. Коническая квантовая точка</u>					
<i>Тема 3.1. Энергетический спектр и волновые функции</i>		1			
<i>Тема 3.2. Прямое межзонное поглощение</i>		1			
<u>Раздел 4. Эллипсоидальная квантовая точка</u>					
<i>Тема 4.1. Энергетический спектр и волновые функции</i>		1			
<i>Тема 4.2. Прямое межзонное поглощение</i>		1			
<u>Раздел 5. Линзообразная квантовая точка</u>					
<i>Тема 5.1. Линзообразная квантовая точка</i>		1			
<u>Раздел 6. Сферическая слоистая квантовая точка</u>					
<i>Тема 6.1. Энергетический спектр и волновые функции</i>		1			
<i>Тема 6.2. Прямое межзонное поглощение</i>		1			
<u>Раздел 7. Эффект магнитного поля на межзонное поглощение</u>					
<i>Тема 7.1. Межзонные переходы при отсутствии магнитного поля</i>		1			
<i>Тема 7.2. Эффект магнитного поля на межзонное поглощение</i>		1			
<i>Тема 7.3. Приближение нормальных мод</i>		1			
<u>Раздел 8. Эффект электрического поля на межзонное поглощение</u>					
<i>Тема 8.1. Энергетический спектр и волновые функции</i>		1			
<i>Тема 8.2. Прямое межзонное поглощение</i>		1			
ИТОГО		18			

7.2 Содержание разделов и тем дисциплины

МОДУЛЬ 1.

ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В КВАНТОВЫХ ТОЧКАХ

Введение

Раздел 1. Сферическая квантовая точка

Тема 1.1. Режим сильного размерного квантования

Тема 1.2. Режим промежуточного размерного квантования

Тема 1.3. Режим слабого размерного квантования

Раздел 2. Цилиндрическая квантовая точка

Тема 2.1. Энергетический спектр и волновые функции

Тема 2.2. Прямое межзонное поглощение

Тема 2.3. Экситонные эффекты

Раздел 3. Коническая квантовая точка

Тема 3.1. Энергетический спектр и волновые функции

Тема 3.2. Прямое межзонное поглощение

Раздел 4. Эллипсоидальная квантовая точка

Тема 4.1. Энергетический спектр и волновые функции

Тема 4.2. Прямое межзонное поглощение

Раздел 5. Линзообразная квантовая точка

Тема 5.1. Линзообразная квантовая точка

Раздел 6. Сферическая слоистая квантовая точка

Тема 6.1. Энергетический спектр и волновые функции

Тема 6.2. Прямое межзонное поглощение

Раздел 7. Эффект магнитного поля на межзонное поглощение

Тема 7.1. Межзонные переходы при отсутствии магнитного поля

Тема 7.2. Эффект магнитного поля на межзонное поглощение

Тема 7.3. Приближение нормальных мод

Раздел 8. Эффект электрического поля на межзонное поглощение

Тема 8.1. Энергетический спектр и волновые функции

Тема 8.2. Прямое межзонное поглощение

7.3 Вопросы

- 1. Режим сильного размерного квантования в сферической квантовой точке*
- 2. Режим промежуточного размерного квантования в сферической квантовой точке*
- 3. Режим слабого размерного квантования в сферической квантовой точке*
- 4. Энергетический спектр и волновые функции в цилиндрической квантовой точке*
- 5. Прямое межзонное поглощение в цилиндрической квантовой точке*

6. *Экситонные эффекты в цилиндрической квантовой точке*
7. *Энергетический спектр и волновые функции в конической квантовой точке*
8. *Прямое межзонное поглощение в конической квантовой точке*
9. *Энергетический спектр и волновые функции в эллипсоидальной квантовой точке*
10. *Прямое межзонное поглощение в эллипсоидальной квантовой точке*
11. *Линзообразная квантовая точка*
12. *Энергетический спектр и волновые функции в сферической квантовой точке*
13. *Прямое межзонное поглощение в сферической квантовой точке*
14. *Межзонные переходы при отсутствии магнитного поля*
15. *Эффект магнитного поля на межзонное поглощение*
16. *Приближение нормальных мод*
17. *Энергетический спектр и волновые функции при наличии электрического поля*
18. *Прямое межзонное поглощение при наличии электрического поля*

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

а) Основная литература

1. Hayrapetyan D.B., Sarkisyan H.A., Kazaryan E.M. Fundamental Absorption of Semiconductor Quantum Dots, SPIE Spotlight 2018.
2. Joyce, B.A., Kelires, P.C., Naumovets, A.G. and Vvedensky, D. eds., 2005. Quantum Dots: Fundamentals, Applications, and Frontiers: Proceedings of the NATO ARW on Quantum Dots: Fundamentals, Applications and Frontiers, Crete, Greece 20-24 July 2003 (Vol. 190). Springer Science & Business Media.

б) Дополнительная литература

3. Woggon, U., 1997. Optical properties of semiconductor quantum dots (Vol. 136, pp. 103-157). Berlin: Springer.

8.2. Программные средства освоения дисциплины

Mathematica 12.0, Origin.

8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютер, проектор