

**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».

УТВЕРЖДАЮ:



Инженерно-физический институт

Кафедра: Технология материалов и структур электронной техники

Автор: Маргарян Нарек Бабинович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

**Дисциплина: Б1.В.ДВ.01.01 «Излучательная рекомбинация в
полупроводниках»**

Направление: 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Магистерская программа: Квантовая и оптическая электроника

ЕРЕВАН 2023

1. Аннотация

В курсе рассматриваются явления излучательной рекомбинации, спонтанного и вынужденного излучения в полупроводниках и их твердых растворах, механизмы излучательных рекомбинации, спектры люминесценции, полупроводниковые излучатели-принципы действия и характеристики.

2. Требования к исходным уровням знаний и умений студентов*

Физика твердого тела, кристаллография, теоретическая физика, твердотельная электроника

3. Цель и задачи дисциплины

Содержание дисциплины направлено на ознакомление студентов с оптическими излучательными процессами, происходящими в различных полупроводниках и структурах.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины*

После прохождения дисциплины студент должен:

- Знать физику излучения в полупроводниках, механизмы люминесценции и методы ее исследования
- принцип действия полупроводниковых излучателей света, конструктивно-технологические особенности, основные характеристики и параметры светодиодов.
- Уметь правильно выбрать приборы оптоэлектроники; использовать стандартную терминологию, определения, обозначения и единицы физических величин.
- Иметь представление об основных путях развития элементной базы оптоэлектроники

5. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы по учебному плану.

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах
Аудиторные занятия, в т. ч.:	48
1. Лекции	30
2. Семинары	18
Самостоятельная работа, в т. ч.:	132
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет/указать)	Э

6. Распределение весов по формам контроля

Веса и формы контролей	Веса форм текущих контролей в результирующей оценке текущего контроля			Веса форм промежуточных контролей и результирующей оценки текущего контроля в итоговой оценке промежуточного контроля			Веса итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточного контроля	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля	
	M1	M2	M3	M1	M2	M3			
Контрольная работа									
Обзор научной литературы		1	1						
Устный опрос		1	1						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках соответствующих промежуточных контролей					1	1			
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей									
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей									0.5
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей									0.5
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля									0,5
Вес оценки экзамена/зачета в результирующей оценке итогового контроля									0,5
	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	

7. Содержание дисциплины

7.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (Модули, разделы дисциплины и виды занятий) по учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего ак. часов	Лекции, ак. часов	Семинары, ак. часов
1	2=3+4	3	4
Модуль 1. Общие свойства электромагнитного поля	22	18	11
Введение	1	1	-
1. Раздел 1. Приближенные представления электромагнитного поля	14	8	6
Тема 1.1. Световые лучи, эл.магнитная волна, фотоны.	2	1	1
Тема 1.2. Квантовые переходы.	2	1	1
Тема 1.3. Спонтанное и вынужденное излучения, коэффициенты Эйнштейна и связи между ними.	3	2	1
Тема 1.4 Скорость вынужденных переходов, коэффициент поглощения, связь между скоростями спонтанного, вынужденного излучений и коэффициентом поглощения.	4	2	2
2. Тема 1.5 Вычисление скорости спонтанных излучательных переходов.	3	2	1
Раздел 2. Процессы люминесценция,	14	9	5
Тема 2.1. Люминесценция полупроводников, механизмы люминесценции.	2	1	1
Тема 2.2 Возбуждение электронно-дырочных пар в полупроводниках.	3	2	1
Тема 2.3 Термализация электронно-дырочных пар в полупроводниках.	3	2	1
Тема 2.4 Диффузионное распределение неравновесных электронно-дырочных пар в полупроводниках.	3	2	1
Тема 2.5 Рекомбинация электронно-дырочных пар в полупроводниках.	3	2	1
Модуль 2. Механизмы люминесценции	18	12	6
Раздел 3. Статистика электронов в кристаллах.	18	12	6
Тема 3.1. Излучательная рекомбинация типа зона-зона в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.	3	2	1

Тема 3.2. Лрминесценция, обусловленная излучательной рекомбинацией свободных и связанных экситонов.	3	2	1
Тема 3.3 Донорно-акцепторная излучательная рекомбинация я полупроводниках.	3	2	1
Тема 3.4 Излучательная рекомбинация, обусловленная переходами свободный носитель-примесный центр.	3	2	1
Тема 3.5 Излучательные переходы с участием глубоких центров / рекомбинация электронов и дырок, захваченных на разных центрах; электронные переходы внутри самого центра между его возбужденными и основным состояниями с фоновыми повторениями/.	3	2	1
Тема 3.6 Механизмы уширения линии люминесценции.	3	2	1
ИТОГО	48	30	18

7.2. Содержание разделов и тем дисциплины:

Модуль 1. Общие свойства электромагнитного поля

Введение

Раздел 1. Приближенные представления электромагнитного поля

Тема 1.1. Световые лучи, эл.магнитная волна, фотоны.

Тема 1.2. Квантовые переходы.

Тема 1.3. Спонтанное и вынужденное излучения, коэффициенты Эйнштейна и связи между ними.

Тема 1.4 Скорость вынужденных переходов, коэффициент поглощения, связь между скоростями спонтанного, вынужденного излучений и коэффициентом поглощения.

Тема 1.5 Вычисление скорости спонтанных излучательных переходов.

Раздел 2. Процессы люминесценция,

Тема 2.1. Люминесценция полупроводников, механизмы ёрминесценции.

Тема 2.2 Возбуждение электронно-дырочных пар в полупроводниках.

Тема 2.3 Термализация электронно-дырочных пар в полупроводниках.

Тема 2.4 Диффузионное распределение неравновесных электронно-дырочных пар в полупроводниках.

Тема 2.5 Рекомбинация электронно-дырочных пар в полупроводниках.

Модуль 2. Механизмы люминесценции

Раздел 3. Излучательные переходы .

Тема 3.1. Излучательная рекомбинация типа зона-зона в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.

Тема 3.2. Лрминесценция, обусловленная излучательной рекомбинацией свободных и связанных экситонов.

Тема 3.3 Донорно-акцепторная излучательная рекомбинация я полупроводниках.

Тема 3.4 Излучательная рекомбинация, обусловленная переходами свободный носитель- примесный центр.

Тема 3.4 Излучательные переходы с участием глубоких центров / рекомбинация электронов и дырок, захваченных на разных центрах; электронные переходы внутри самого центра между его возбужденными и основным состояниями с фоновыми повторениями/.

Тема 3.5 Механизмы уширения линии люминесценции.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература:

Указать базовый учебник, основную и дополнительную литературу, а также другие источники, в том числе электронные ресурсы. Удостовериться, что основная литература наличествует в библиотеке РАУ

а) Базовый учебник*

А. Н. Пихтин, Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники, Изд. Высшая школа, Москва, 1983

б) Основная литература

1. L. Pavesi, M. Guzzi, Photoluminescence of *AlGaAs* alloys, *J. Appl. Phys.*, 75 (10), pp. 4779-4842, 1994.
2. Х. Кейси, М. Паниш, Лазеры на гетероструктурах, Изд. Мир, 1 том, 1981.
3. Ансельм А.И., Введение в теорию полупроводников. М.: Наука, 1978
4. Шалимова К.В., Физика полупроводников. М.: Высшая школа. 1976.
5. Пикус Г. Е., Основы теории полупроводниковых приборов, М. Наука, 1975
6. П. Ю., М. Кардона, Основы полупроводников, М, Мир, 2003.

б) Дополнительная литература

1. Игумнов Д.В., Костюнина Г.П., Громов И.С., Элементы твердотельной электроники. -Изд. Саратов-та, 1985.
2. Богданкович О.В., Дапзек С.А., Елисеев П. Г. Полупроводниковые лазеры, М., Наука, 1976.

Учебная программа одобрена:

**Кафедрой «Технологии материалов и структур электронной техники»
зав. кафедрой: Геворкян В.А.**

(подпись)