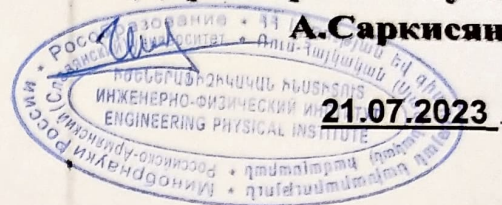


# ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ

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:

Директор института  
А. Саркисян



Инженерно-физический институт

Кафедра: Технология материалов и структур электронной техники

Автор: канд. физ.-мат. наук, Маргарян Н.Б.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.ДВ.01.02 «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниковых гетероструктурах»

Направление: 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Основная образовательная программа магистратуры:  
«Микрoeлектроника и нанoeлектроника»

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, оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниковых гетероструктурах.

## **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.**

<b>Виды учебной работы</b>	<b>Всего, в акад. часах</b>
<b>1</b>	<b>3</b>
<b>1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам , в т. ч.:</b>	<b>216</b>
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	<b>48</b>
1.1.1. Лекции	<b>30</b>
1.1.2. Семинары	<b>18</b>
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	<b>168</b>
1.2.1. Подготовка к экзаменам	<b>36</b>
1.2.2. Подготовка к семинару	<b>132</b>
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет/указать)	<b>Э</b>

## 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 <b>текущих контролей</b> в итоговых оценках соответствующих промежуточных контролей					1	1		
Вес итоговой оценки <b>1-го промежуточного контроля</b> в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки <b>2-го промежуточного контроля</b> в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки <b>3-го промежуточного контроля</b> в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес <b>результирующей оценки промежуточных контролей</b> в результирующей оценке итогового контроля								0,5
Вес оценки <b>экзамена/зачета</b> 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
<b>Модуль 1. Общие свойства электромагнитного поля</b>			
<b>Введение</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>
<b>1. Раздел 1. Приближенные представления электромагнитного поля</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>7</b>
Тема 1.1. Световые лучи, эл.магнитная волна, фотоны.	3	2	1
Тема 1.2. Квантовые переходы.	3	2	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.	3	1	2
2. Тема 1.5 Вычисление скорости спонтанных излучательных переходов.	3	2	1
<b>Раздел 2. Процессы люминесценция,</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
Тема 2.1. Люминесценция полупроводников, механизмы люминесценции.	3	2	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
<b>Модуль 2. Механизмы люминесценции</b>			
<b>Раздел 3. Статистика электронов в кристаллах.</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>6</b>
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.	2	1	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.	2	1	1
<b>ИТОГО</b>	<b>48</b>	<b>30</b>	<b>18</b>

## **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 фонными 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. Сарат.ун-та, 1985.
2. Богданкович О.В., Дапзек С.А., Елисеев П. Г. Полупроводниковые лазеры, М., Наука, 1976.