

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 наноэлектроника и Положением «Об УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института
А. А. Саркисян
21.07.2023.



Инженерно-физический институт

Кафедра Технологии материалов и структур электронной техники

Автор:

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.ДВ.03.02 «Основы оптоэлектроники»

Направление: 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

**Основная образовательная программа магистратуры:
Микроэлектронные схемы и системы**

ЕРЕВАН 2023

Структура и содержание УМКД

1. Аннотация

1.1. Учебная программа дисциплины “ Основы оптоэлектроники ” предназначена для подготовки высококвалифицированных кадров в области электроники и наноэлектроники, которые должны обладать основными аспектами знаний в области оптической электроники, поскольку они необходимы при проектировании и эксплуатации современных электронных и наноэлектронных систем.

1.2. Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с такими дисциплинами: физические основы электроники, электроника, химия радиоматериалов, оптические телекоммуникационные системы, и с последующими УМКД магистратуры.

1.3. Студент должен

- **знать** основы по курсам: математического анализа, векторного анализа, дифференциальных уравнений, по общим курсам физики: электричество и магнетизм, оптика, атомная физика;
- **уметь** применять свои знания при решении соответствующих задач;
- **владеть** навыками интегрального и дифференциального исчислений.

1.4. Дисциплины, изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины, следующие - физика I, II, III, IV, математика I, II, III, IV, физика полупроводников, физические основы электроники.

2. Содержание

2.1. **Цель дисциплины** - изучение физических процессов и принципов построения оптоэлектронных приборов, формирования практических навыков, необходимых для расчетов оптоэлектронных систем.

Задача - обеспечение знаний в области оптической электроники и основ для применения этих знаний при изучении последующих дисциплин, предусмотренных в программе обучения.

2.2. После изучения дисциплины студент должен:

- **знать** физические основы работы и принцип действия оптоэлектронных приборов и устройств;
- **уметь** применять полученные знания при разработке и эксплуатации оптоэлектронных компонент в измерительных устройствах и волоконно-оптических системах связи;
- **иметь** представление о современных оптоэлектронных приемных элементах и узлах, модуляторах и приемниках оптического излучения;
- **владеть** математическим инструментарием и практическими навыками для решения задач расчетного характера.

2.3. Трудоёмкость дисциплины:

2.3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

| Виды учебной работы | Всего, в акад. часах |
|---|-------------------------------------|
| 1. Общая трудоёмкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.: | 108 |
| 1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.: | 36 |
| 1.1.1. Лекции | 18 |
| 1.1.2. Практические занятия | 16 |
| 1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.: | 74 |
| Итоговый контроль | зачет |

2.3.2. Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

| Разделы и темы дисциплины | Всего (ак. часов) | Лекционные занятия (ак. часов) | Практические занятия (ак. часов) |
|---|----------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| МОДУЛЬ 1. | | | |
| <u>Приемники оптического излучения и регистраторы оптического изображения оптоэлектронных приборов устройств</u> | 19 | 11 | 8 |
| <u>Введение</u> | 1 | 1 | - |
| Раздел 1. Приемники оптического излучения (ПОИ) оптоэлектронных приборов | 10 | 5 | 5 |
| <i>Тема 1.1. Параметры ПОИ, основные характеристики ПОИ.</i> | 3 | 2 | 1 |
| <i>Тема 1.2 Неселективные приемники оптического излучения</i> | 1 | | 1 |
| <i>Тема 1.3 Явление фотопроводимости, фоторезисторы.</i> | 3 | 2 | 1 |
| <i>Тема 1.4 Фотодиоды, высокочастотные p-i-n и лавинные фотодиоды.</i> | 3 | 1 | 2 |
| Раздел 2. Оптоэлектронные устройства регистрации и обработки изображений | 8 | 5 | 3 |
| <i>Тема 2.1 Понятие об электронно-оптических системах</i> | 3 | 2 | 1 |
| <i>Тема 2.2 Электронно-оптические преобразователи (ЭОП).</i> | 3 | 2 | 1 |
| <i>Тема 2.3 Многоэлементные твердотельные полупроводниковые устройства</i> | 2 | 1 | 1 |
| МОДУЛЬ 2 | | | |
| <u>Волоконно-оптические системы связи (ВОСС).</u> | 15 | 7 | 8 |
| <u>Проектирование ВОСС</u> | | | |

| Разделы и темы дисциплины | Всего (ак. часов) | Лекционные занятия (ак. часов) | Практические занятия (ак. часов) |
|---|----------------------|--------------------------------------|--|
| Раздел 3. Волоконно-оптические системы связи | 15 | 7 | 8 |
| <i>Тема 3.1. Распространение света в оптических волокнах</i> | 4 | 2 | 2 |
| <i>Тема 3.2 Основные типы потерь и дисперсии в оптических волокнах</i> | 4 | 2 | 2 |
| <i>Тема 3.3 Методы изготовления оптических волокон и кабелей</i> | 3 | 1 | 2 |
| <i>Тема 3.4 Проектирование волоконно-оптических систем связи. Основные параметры и характеристики</i> | 4 | 2 | 2 |
| ИТОГО | 34 | 18 | 16 |

2.3.3 Содержание разделов и тем дисциплины

МОДУЛЬ 1. ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И РЕГИСТРАТОРЫ ОПТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ (РАЗДЕЛ 1, РАЗДЕЛ 2)

Введение

Содержание дисциплины, ее задачи. Основные понятия и определения. Классификация приборов и устройств оптоэлектроники О[1] §1 О[2] §1.

Раздел 1. Приемники оптического излучения (ПОИ) оптоэлектронных приборов.

Тема 1.1 Параметры ПОИ. Основные характеристики ПОИ.

Основные параметры ПОИ. Понятие чувствительности. Различные типы шумов ПОИ, основные выражения О[1] §§ 10.2, 10.4, 10.5 Д[1] §1.2.

Спектральные, частотные, энергетические, информационные характеристики ПОИ. Д[1] §1.3

Тема 1.2 Неселективные приемники оптического излучения.

Физические основы работы неселективных ПОИ- термоэлементы, болометры, пирометры, конструкция и их основные характеристики Д[1] §§4.1, 4.2, 4.4.

Тема 1.3 Явление фотопроводимости, фоторезисторы

Основные выражения описывающие явления фотопроводимости, характеристические соотношения для фотопроводимости. Фоторезисторы, основные характеристики О[1] §11.5, Д[1] §§2.1, 2.2.

Тема 1.5 Фотодиоды, высокочастотные р-і-п, лавинные фотодиоды.

Режимы работы фотодиодов. Основные характеристики фотодиодов. Лавинные и р-і-п фотодиоды, принцип их работы, основные характеристики. Конструкция лавинных и р-і-п фотодиодов, схемы включения О[1] §11.7-11.8, О[2] §§12.4, 12.5, 13.1, 13.2, Д[4] §6.1.

Раздел 2. Оптоэлектронные устройства регистрации и обработки изображений.

Тема 2.1 Понятие об электронно-оптических системах.

Приемные модули в волоконно-оптических системах связи. Основное уравнение электронной оптики для аксиально-симметричных полей. Основные особенности электронной оптики, связь и различие между электронной и лучевой оптики. Д[2] Гл. 1, §§2-4.

Тема 2.2 Электронно-оптические преобразователи (ЭОП).

Принципы работы ЭОП. Основные компоненты и характеристики ЭОП. Д[2] §§2.3, 2.4, 2.10, 2.13, 2.14, 4.1, 4.2.

Тема 2.3 Многоэлементные твердотельные полупроводниковые устройства.

Физические основы работы ПЗС и КМОП структур их основные характеристики, области применения. Д[1] §2.7.

МОДУЛЬ 2 ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.

Раздел 3. Волоконно-оптические системы связи.

Тема 3.1 Распространение света в оптических волокнах

Ступенчатые, градиентные и одномодовые волокна, их характеристики. Основные виды оптических систем связи. О[2] §1.3, §2.1.1, § 5.1.3, §5.5.

Тема 3.2 Основные типы потерь и дисперсии в оптических волокнах.

Механизм потерь, в т. ч. поглощение и рассеяние. Межмодовая, временная материальная виды дисперсий О[2] §2.1.3, §2.2.3, §2.3, Д[4], §3.1-§3.5.

Тема 3.3 Изготовление оптических волокон и кабелей.

Методы изготовления оптических волокон и оптических кабелей. Измерение характеристик оптических волокон. О[2] §4.1, 4.2, §4.4.

Тема 3.4 Проектирование волоконно-оптических систем связи (ВОСС).

Основные параметры и характеристики. ВОСС Д[4], Д[5]

2.3.4 Краткое содержание семинарских занятий – 14 часов, и практических занятий – 14 часов.

Занятия включают семинарские занятия и решение задач по одному модулю и разделам 3 и 4 учебной дисциплины, включая следующие:

1. Приемники оптического излучения оптоэлектронных приборов.

2. Оптоэлектрические устройства регистрации и обработки изображения

3. Волоконно-оптические системы связи.

2.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника
- Проектор

3. Теоретический блок

Рекомендуемая литература

а) основная литература

1. Ярив А. Введение в оптическую электронику, М. Высшая школа, 1983г.
2. Гауэр Дж. Оптические системы связи, М. Радио и связь, 1989г.

б) дополнительная литература

1. Ишанин Г. Г. Приемники излучения оптических и оптоэлектронных приборов, Л. Машиностроение, 1986г.
2. Арцимович А. А., Лукьянов С. Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях, М. Наука, 1982г.
3. Бутслов М. М., Степанов Б. М. Электронно-оптические преобразователи и их применение в научных исследованиях, М. Наука, 1978г.
4. Вербовецкий А. А., Основы проектирования цифровых оптоэлектронных систем связи, М. Радио и связь, 2000г.
5. Б.Салех, М.Тейх Оптика и фотоника. Принципы и применения. Пер. с англ. Учебное пособие 2 томах. Долгопрудный. 2012г.

4. Перечень вопросов итогового контроля

1. Основные параметры и характеристики приемников оптического излучения (спектральные, частотные, пороговая чувствительность).
2. Виды шумов приемников оптического излучения (тепловой, генерационно-рекомбинационный, дробовый, радиационный). Основные выражения (формулы).
3. Дробовый шум. Вывод выражения.
4. Тепловой шум (шум Дженсона). Вывод выражения.
5. Основные типы приемников оптического излучения оптоэлектронных приборов.
6. Термоэлектрические приемники оптического излучения. Принцип работы, основные характеристики.
7. Болометры. Принцип действия, основные характеристики.
8. Пирозлектрические приемники. Принцип действия, основные характеристики.
9. Внутренний фотоэффект. Собственная и примесная составляющие проводимости.
10. Фотопроводимость. Первое характеристическое соотношение для фотопроводимости.
11. Спектральные характеристики для различных типов фотопроводимости. Второе характеристическое соотношение для фотопроводимости.
12. Фоторезисторы. Принцип действия, схемы включения, основные характеристики.
13. Фотодиоды. Принцип действия. Фотогальванический и фотодиодный режим работы.

14. Вольтамперные характеристики фотодиодов для фотогальванического и фотодиодного режимов.
15. Постоянная времени и частотная характеристика фотодиодов.
16. Спектральные характеристики, шумы фотодиодов. Электронный тракт фотодиодов (схемы включения).
17. Высокочастотные фотодиоды, основные конструктивные требования, спектральные, частотные, температурные характеристики.
18. p-i-n фотодиоды. Принцип действия, основные характеристики, схема включения (электронный тракт).
19. Лавинные фотодиоды. Принцип действия, основные характеристики.
20. Приемные модули в волоконно-оптических системах связи.
21. Связь и различие электронной и лучевой оптики. Осесимметричные электронно-оптические системы, принцип фокусировки электронной линзой.
22. Основное уравнение электронной оптики для аксиально-симметричных полей.
23. Электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Основные характеристические свойства и компоненты ЭОП.
24. Понятие числовой апертуры оптического волокна.
25. Межмодовая дисперсия в ступенчатых и градиентных волокнах.
26. Показатель преломления объемной среды.
27. Временная дисперсия в объемной среде.
28. Основные характеристики оптических потерь волокна.
29. Методы изготовления оптических волокон.
30. Оптические кабели.
31. Измерение характеристик оптического волокна.
32. Основные требования к параметрам ВОСС