

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и нанoeлектроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИЁМНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ**

|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                                    | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                                     | <b>Б1.Ч.03</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                                   | <b>1 семестр - 6;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                                    | <b>216 часов</b>  |
| <b>Лекции</b>  | <b>1 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>  | <b>1 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Лабораторные работы</b>   | <b>1 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Консультации</b>  | <b>1 семестр - 18 часов;</b>                                    |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>1 семестр - 129,2 часа;</b>                                  |
| <b>в том числе на КП/КР</b>  | <b>1 семестр - 15,7 часов;</b>                                  |
| <b>Иная контактная работа</b>  | <b>1 семестр - 4 часа;</b>                                      |
| <b>включая:</b><br><b>Контрольная работа</b><br><b>Лабораторная работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>   |   |
| <b>Защита курсовой работы</b>  | <b>1 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |
| <b>Экзамен</b>   | <b>1 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |
|  | <b>всего - 0,8 часа</b>   |

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

|  |  |                                 |
|--|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец   | Мирошников Б.Н.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rd4c7098c-MiroshnikovBN-eb38ec4 |

Б.Н.  
Мирошников

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |  |                              |
|--|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец   | Баринов А.Д.                 |
|  | Идентификатор                                      | Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f |

А.Д. Баринов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |  |                                  |
|--|--|----------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                  |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                  |
|  | Владелец   | Мирошникова И.Н.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8c |

И.Н.  
Мирошникова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Состоит в изучении разновидностей полупроводниковых оптоэлектронных приборов, их принципа действия, основных параметров и характеристик, области применения.

### Задачи дисциплины

- освоение принципов работы и моделей основных полупроводниковых приемников излучения (фоторезисторов, фотодиодов), приемников теплового излучения (болومترических элементов)..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Запланированные результаты обучения   |
|---|--|---|
| ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем | ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники | знать:<br>- основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Твердотельная микро- и наноэлектроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации  | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
|       |   |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |
|       |   |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |
| КПР   | ГК  | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |
| 1     | 2   | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |
| 1     | Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур    | 26                    | 1       | 4  | 4   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 14                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур"<br/><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур"<br/><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[2], 3-9<br/>[4], 229 - 252</p>       |
| 1.1   | Характеристики излучения. Оптические свойства полупроводников и их влияние на параметры фотоприемников. | 26                    |         | 4  | 4   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 14                | -                                 |  |
| 2     | Основные параметры и характеристики ФП  | 14                    |         | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |  |
| 2.1   | Основные параметры и характеристики ФП.   | 14                    |         | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 | <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные параметры и характеристики ФП" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Подготовка к лабораторным работам.<br/><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p> |

|     |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   | <p>"Основные параметры и характеристики ФП"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Основные параметры и характеристики ФП"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 33-48, 258-262<br/>[2], 10-19<br/>[4], 8 - 10, 23 - 45</p>   |
| 3   | Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные.  | 46 | 10 | 8 | 6 | - | - | - | - | - | 22 | - | <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br/>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Подготовка к лабораторным работам.</p> |
| 3.1 | Физические явления в фоторезисторах. Схема измерения.   | 12 | 4  | - | 2 | - | - | - | - | - | 6  | - | <p>профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Подготовка к лабораторным работам.</p>   |
| 3.2 | Собственный ФР (СФР). Параметры СФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов. | 16 | 2  | 8 | - | - | - | - | - | - | 6  | - | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные."</p>  |
| 3.3 | Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.                       | 8  | 2  | - | 2 | - | - | - | - | - | 4  | - | <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Моделирование параметров фоторезистора на основе Si при заданной температуре T=300 К.</p>   |
| 3.4 | Основы теории шумов ФР.   | 10 | 2  | - | 2 | - | - | - | - | - | 6  | - | <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 55-86, 160-162, 263-269<br/>[2], 66-80</p>   |

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | [3], 7-11, 19-32, 75-90<br>[4], 11, 53 - 64   |
| 4   | Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами | 24 | 4 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами"  |
| 4.1 | Фотодиод (ФД) на основе рп-перехода.                    | 24 | 4 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Моделирование параметров фотодиода на основе Si при заданной температуре T=300 К.<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 112-134,163-164, 269-273<br>[2], 96-106, 129-136<br>[3], 33-37, 66-74<br>[4], 12 - 13, 76 - 97 |
| 5   | Элементы конструкция фотоприемников.                    | 16 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Элементы конструкция фотоприемников, современные тенденции конструкции"   |
| 5.1 | Материалы для оптических окон, оптические фильтры.      | 8  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 6  | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу "Элементы конструкция фотоприемников, современные тенденции конструкции"   |
| 5.2 | Системы охлаждения.                                     | 8  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 6  | - | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], 65 - 75  |
| 6   | Современные фотоприёмники, ПЗС,                         | 18 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br>Повторение материала по разделу  |

|     |   |              |           |           |           |           |          |          |          |            |              |             |   |
|-----|---|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|------------|--------------|-------------|---|
|     | болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС |              |           |           |           |           |          |          |          |            |              |             | "Современные фотоприёмники, ПЗС, болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС"   |
| 6.1 | Приборы с зарядовой связью.                           | 6            | 2         | -         | -         | -         | -        | -        | -        | -          | 4            | -           | <b><u>Самостоятельное изучение</u></b>  |
| 6.2 | Болометрические элементы.                             | 6            | 2         | -         | -         | -         | -        | -        | -        | -          | 4            | -           | <b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Современные фотоприёмники, ПЗС, болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС" |
| 6.3 | Матричные ФПУ.  | 6            | 2         | -         | -         | -         | -        | -        | -        | -          | 4            | -           | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 146-159, 175-178, 274-276<br>[4], 121 - 177, 217 - 221   |
|     | Экзамен   | 36.0         | -         | -         | -         | -         | 2        | -        | -        | 0.5        | -            | 33.5        |   |
|     | Курсовая работа (КР)                                  | 36.0         | -         | -         | -         | 16        | -        | 4        | -        | 0.3        | 15.7         | -           |   |
|     | <b>Всего за семестр</b>                               | <b>216.0</b> | <b>32</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>2</b> | <b>4</b> | <b>-</b> | <b>0.8</b> | <b>95.7</b>  | <b>33.5</b> |   |
|     | <b>Итого за семестр</b>                               | <b>216.0</b> | <b>32</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>18</b> |          | <b>4</b> |          | <b>0.8</b> | <b>129.2</b> |             |   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур

1.1. Характеристики излучения. Оптические свойства полупроводников и их влияние на параметры фотоприемников.

Изучение основных свойств излучения. Единицы измерений. Типы источников излучения.. Закон Бугера-Ламберта. Коэффициент поглощения, оптического пропускания и отражения..

#### 2. Основные параметры и характеристики ФП

2.1. Основные параметры и характеристики ФП.

Сопротивление ФП. Чувствительность. Обнаружительная способность. Частотные характеристики.. Идеальный ФП..

#### 3. Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные.

3.1. Физические явления в фоторезисторах. Схема измерения.

Фотопроводимость фоторезисторов. Схема измерения параметров ФР. Ее особенности..

3.2. Собственный ФР (СФР). Параметры СФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.

Принцип действия СФР.. Равномерное и неравномерное поглощение.. История развития СФР. Особенности и параметры СФР на основе различных материалов. Влияние центров прилипания на работу СФР. Эффект вытягивания.

3.3. Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.

Принцип действия ПФР. Температурные ограничения.. Особенности и параметры ПФР на основе различных материалов.

3.4. Основы теории шумов ФР.

Типы шумов ФР. Моделирование шума ФР..

#### 4. Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами

4.1. Фотодиод (ФД) на основе рп-перехода.

Принцип работы ФД. Режимы работы ФД.. Параметры ФД. Шумы ФД.. Виды ФД и их особенности..

#### 5. Элементы конструкция фотоприемников.

5.1. Материалы для оптических окон, оптические фильтры.

Ограничивающие фильтры.. Защитные фильтры..

5.2. Системы охлаждения.

Система охлаждения замкнутого цикла.. Система охлаждения разомкнутого цикла..

#### 6. Современные фотоприёмники, ПЗС, болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС



6.1. Приборы с зарядовой связью.  
Принцип работы и структура ПЗС..

6.2. Боллометрические элементы.  
Принцип действия боллометрических элементов..

6.3. Матричные ФПУ.  
Схемотехнические и технологические особенности матричных ФПУ..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Изучение параметров современных фотоприемных устройств;
2. Расчет оптимальных температурных условий для фотоприемника, подбор системы охлаждения. Выбор материалов для окон фотоприемников;
3. Расчет лавинного ФД и фотодиода Шоттки;
4. Принцип работы и расчет некоторых параметров классического ФД;
5. Расчет параметров ФР при освещении;
6. Расчет темновых характеристик ФР;
7. Расчет параметров идеального ФП;
8. Расчет параметров излучающего тела (АЧТ).

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме;
2. Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов;
3. Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов..

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). в рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий.
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). в рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий.

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 1 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Материал - КРТ ( $x=0.3$ ) (77 К)
- Материал - PbS (300 К)
- Материал - InSb (77 К)
- Материал - Si (77 К)
- Материал - Si (300 К)
- Материал - Ge (77 К)
- Материал - Ge (300 К)
- Материал - GaAs (300 К)
- Материал - PbSe (300 К)

- Материал - РbTe (300 К)

**График выполнения курсового проекта**

|   |       |        |         |                          |
|---|-------|--------|---------|--------------------------|
| Неделя                                  | 1 - 8 | 9 - 12 | 13 - 15 | Зачетная                 |
| Раздел курсового проекта                | 1     | 2      | 3       | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %                        | 25    | 35     | 40      | -                        |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 25    | 60     | 100     | -                        |

|               |                                |
|---------------|--------------------------------|
| Номер раздела | Раздел курсового проекта       |
| 1             | Моделирование темновой ВАХ ФР  |
| 2             | Моделирование световой ВАХ ФР  |
| 3             | Спектральные характеристики ФР |

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)            | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   | Оценочное средство (тип и наименование)   |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |   |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |   |
| основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы | ИД-1ПК-1         | +   | + | + | + | + | + | Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов"<br>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме"<br>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов"<br>Контрольная работа/Итоговая контрольная работа<br>Контрольная работа/Основные параметры и определения. |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Итоговая контрольная работа (Контрольная работа)
2. Основные параметры и определения. (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Твердотельная электроника : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / Э. Н. Воронков, [и др.] . – М. : АКАДЕМИЯ, 2009 . – 320 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 978-5-7695-4618-1 .;
2. Мирошникова, И. Н. Оптоэлектроника. Лабораторные работы. Ч.1 : методическое пособие по курсам "Оптоэлектроника", "Приемники излучения и фотоприемные устройства" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / И. Н. Мирошникова, Ю. А. Мухин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 136 с.  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=2863>;
3. Мирошникова, И. Н. Оптоэлектроника. Лабораторные работы. Ч.2 : методическое пособие по курсам "Оптоэлектроника", "Приемники излучения и фотоприемные устройства" по направлению "Электроника и наноэлектроника" / И. Н. Мирошникова, Нац. исслед. ун-т

"МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 108 с.

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=4106>;

4. Ишанин Г. Г., Челибанов В. П.- "Приемники оптического излучения", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (304 с.)

<https://e.lanbook.com/book/168713>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование  | Оснащение   |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | К-102, Учебная аудитория   | парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | К-108, Учебная лаборатория по курсам: «Оптоэлектроника», «Многоэлементные приемники излучения» | стол преподавателя, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, лабораторный стенд, оборудование учебное, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | К-108, Учебная лаборатория по курсам: «Оптоэлектроника», «Многоэлементные приемники излучения» | стол преподавателя, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, лабораторный стенд, оборудование учебное, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | К-102а, Учебная аудитория  | парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор   |
|   | К-102, Учебная аудитория   | парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой                                 | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный   |
| Помещения для   | К-109/1, Кабинет   | кресло рабочее, рабочее место   |

|  |                         |   |
|--|-------------------------|---|
| консультирования   | сотрудников каф. "ЭиН"  | сотрудника, стол для работы с документами, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, стол для совещаний, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, оборудование для экспериментов, компьютер персональный, документы, книги, учебники, пособия |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | К-115, Склад каф. "ЭиН" | стеллаж, инвентарь учебный  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Полупроводниковые приёмники излучения

(название дисциплины)

#### 1 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные параметры и определения. (Контрольная работа)
- КМ-2 Защита лабораторной работы "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов" (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме" (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов" (Лабораторная работа)
- КМ-6 Итоговая контрольная работа (Контрольная работа)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-6 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 15   | 15   |
| 1             | Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур    |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Характеристики излучения. Оптические свойства полупроводников и их влияние на параметры фотоприемников. |            | +    | +    | +    | +    | +    |
| 2             | Основные параметры и характеристики ФП  |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Основные параметры и характеристики ФП.   |            | +    | +    | +    | +    | +    |
| 3             | Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные.  |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Физические явления в фоторезисторах. Схема измерения.   |            | +    | +    | +    | +    | +    |
| 3.2           | Собственный ФР (СФР). Параметры СФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.           |            | +    | +    | +    | +    | +    |
| 3.3           | Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.                                 |            | +    | +    | +    | +    | +    |
| 3.4           | Основы теории шумов ФР.   |            | +    | +    | +    | +    | +    |
| 4             | Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами   |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Фотодиод (ФД) на основе рп-перехода.  |            | +    | +    | +    | +    | +    |
| 5             | Элементы конструкция фотоприемников.  |            |      |      |      |      |      |

|            |   |   |    |    |    |    |
|------------|---|---|----|----|----|----|
| 5.1        | Материалы для оптических окон, оптические фильтры.                                    | + | +  | +  | +  | +  |
| 5.2        | Системы охлаждения.   | + | +  | +  | +  | +  |
| 6          | Современные фотоприёмники, ПЗС, болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС |   |    |    |    |    |
| 6.1        | Приборы с зарядовой связью.   | + | +  | +  | +  | +  |
| 6.2        | Болометрические элементы.   | + | +  | +  | +  | +  |
| 6.3        | Матричные ФПУ.  | + | +  | +  | +  | +  |
| Вес КМ, %: |   | 5 | 20 | 20 | 20 | 35 |



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Полупроводниковые приёмники излучения

(название дисциплины)

#### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

КМ-1 Моделирование темновой ВАХ ФР

КМ-2 Моделирование световой ВАХ ФР

КМ-3 Спектральные характеристики ФР

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
|---------------|--|------------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 8    | 12   | 15   |
| 1             | Моделирование темновой ВАХ ФР            |            | +    |      |      |
| 2             | Моделирование световой ВАХ ФР            |            |      | +    |      |
| 3             | Спектральные характеристики ФР           |            |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |  |            | 25   | 35   | 40   |