

**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, лазерная и оптическая измерительная электроника

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.02.01.03</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 2026**

**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                                           | Зезин Д.А.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Re7522a00-ZezinDA-ba8dbd73 |

Д.А. Зезин

## 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 (болометрических элементов)..

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

| <b>Код и наименование компетенции</b>                                                           | <b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>                                                                                                                | <b>Запланированные результаты обучения</b>                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем | ИД-1 <sub>ПК-3</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, лазерная и оптическая измерительная электроника (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.

| №<br>п/п | Разделы/темы<br>дисциплины/формы<br>промежуточной<br>аттестации                                         | Всего часов<br>на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                      |                                         | Содержание самостоятельной работы/<br>методические указания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|--------------|---|-----|----|----|----------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                                         |                          |         | Контактная работа                                                    |     |    |              |   |     |    | СР |                      |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|          |                                                                                                         |                          |         | Лек                                                                  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в<br>семестре | Подготовка к<br>аттестации<br>/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                   | -                                       | <u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u><br>Повторение материала по разделу "Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур"<br><u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур"<br><u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br><div> <div>[2], 3-9</div> <div>[4], 229 - 252</div> </div> |
| 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>"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> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные."</p> <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> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 55-86, 160-162, 263-269<br/>[2], 66-80</p> |
| 3.1 | Физические явления в фоторезисторах. Схема измерения.                                         | 12 |  | 4  | - | 2 | - | - | - | - | - | 6  | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3.2 | Собственный ФР (СФР). Параметры СФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов. | 8  |  | 2  | - | - | - | - | - | - | - | 6  | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3.3 | Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.                       | 16 |  | 2  | 8 | 2 | - | - | - | - | - | 4  | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3.4 | Основы теории шумов ФР.                                                                       | 10 |  | 2  | - | 2 | - | - | - | - | - | 6  | - |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|     |                                                         |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|---------------------------------------------------------|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                                         |    |  |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | [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> Повторение материала по разделу "Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 4.1 | Фотодиод (ФД) на основе pn-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> 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> Повторение материала по разделу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

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

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

### 3.4. Темы лабораторных работ

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

### 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 - KPT ( $x=0.3$ ) (77 K)
- Материал - PbS (300 K)
- Материал - InSb (77 K)
- Материал - Si (77 K)
- Материал - Si (300 K)
- Материал - Ge (77 K)
- Материал - Ge (300 K)
- Материал - GaAs (300 K)
- Материал - PbSe (300 K)

- Материал - PbTe (300 K)

**График выполнения курсового проекта**

|                                         |       |        |         |                          |
|-----------------------------------------|-------|--------|---------|--------------------------|
| Неделя                                  | 1 - 8 | 9 - 12 | 13 - 14 | Зачетная                 |
| Раздел курсового проекта                | 1     | 2      | 3       | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %                        | 20    | 30     | 50      | -                        |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 20    | 50     | 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<br>по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)      | Коды<br>индикаторов  | Номер раздела<br>дисциплины (в<br>соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(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-1 <sub>ПК-3</sub> | +                                                       | + | + | + | + | + | Лабораторная работа/Защита лабораторной работы<br>"Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов"<br><br>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы<br>"Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме"<br><br>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы<br>"Исследование световых характеристик фоторезисторов"<br><br>Контрольная работа/Итоговая контрольная работа<br><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://elibrary.mpei.ru/elibrary/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 нанoeлектроника" / 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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

10. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>

11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" -

<https://www.polpred.com>

13. Информо - <https://www.informio.ru/>

## 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                                           | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания                                                     | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер                                                                                  |

| работы                                                   | учебной литературой                     | персональный                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Помещения для консультирования                           | К-109/1, Кабинет сотрудников каф. "ЭиН" | кресло рабочее, рабочее место 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   | 16   |
| 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   | 14   |
| 1             | Моделирование темновой ВАХ ФР            |            | +    |      |      |
| 2             | Моделирование световой ВАХ ФР            |            |      | +    |      |
| 3             | Спектральные характеристики ФР           |            |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |                                          |            | 20   | 30   | 50   |