

**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
ОПТОЭЛЕКТРОНИКА**


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 6; 2 семестр - 6; всего - 12
Часов (всего) по учебному плану:	432 часа
Лекции	1 семестр - 32 часа; 2 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
Практические занятия	1 семестр - 32 часа; 2 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов; 2 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
Консультации	1 семестр - 18 часов; 2 семестр - 18 часов; всего - 36 часа
Самостоятельная работа	1 семестр - 113,2 часов; 2 семестр - 113,2 часов; всего - 226,4 часа
в том числе на КП/КР	1 семестр - 15,7 часов; 2 семестр - 15,7 часов; всего - 31,4 часа
Иная контактная работа	1 семестр - 4 часа; 2 семестр - 4 часа; всего - 8 часов
включая: Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	1 семестр - 0,3 часа;
Защита курсовой работы	2 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,6 часа

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8f

(подпись)

И.Н.
Мирошникова

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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


(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8f

(подпись)

И.Н.
Мирошникова

(расшифровка подписи)

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).;

- освоение принципов работы и моделей основных полупроводниковых источников излучения (электролюминесцентных конденсаторов, светодиодов, лазеров).

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 _{ПК-1} Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники	знать: - основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы; - основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы. уметь: - проектировать фоторезисторы для различных диапазонов длин волн, рассчитывать их параметры и моделировать их работу.

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 среднего общего образования.

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 12 зачетных единиц, 432 часа.

№ 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	12	1	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Задачи и направления развития оптоэлектроники. Взаимодействие излучения и полупроводниковых структур"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 229 - 252 [4], 3-9</p>
1.1	Характеристики излучения. Оптические свойства полупроводников и их влияние на параметры фотоприемников.	12		2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
2	Основные параметры и характеристики ФП	14		2	4	2	-	-	-	-	-	6	-	
2.1	Основные параметры и характеристики ФП.	14		2	4	2	-	-	-	-	-	6	-	

													<p>"Основные параметры и характеристики ФП"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные параметры и характеристики ФП"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 8 - 10, 23 - 45 [3], 33-48, 258-262 [4], 10-19</p>
3	Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные.	50	12	8	10	-	-	-	-	-	20	-	<p><u>Подготовка домашнего задания:</u> 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><u>Подготовка курсовой работы:</u> 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><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные."</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 11, 53 - 64 [3], 55-86, 160-162, 263-269</p>
3.1	Физические явления в фоторезисторах. Схема измерения.	16	4	4	2	-	-	-	-	-	6	-	
3.2	Собственный ФР (СФР). Параметры СФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
3.3	Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3.4	Основы теории шумов ФР.	14	4	4	2	-	-	-	-	-	4	-	

													[4], 66-80 [5], 7-11, 19-32, 75-90
4	Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами	20	2	4	6	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка курсовой работы:</u> 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.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 12 - 13, 76 - 97 [3], 112-134,163-164, 269-273 [4], 96-106, 129-136 [5], 33-37, 66-74</p>
4.1	Фотодиод (ФД) на основе pn-перехода.	20	2	4	6	-	-	-	-	-	8	-	
5	Элементы конструкция фотоприёмников.	20	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Элементы конструкция фотоприёмников, современные тенденции конструкции"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Элементы конструкция фотоприёмников, современные тенденции конструкции"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 65 - 75</p>
5.1	Материалы для оптических окон, оптические фильтры.	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
5.2	Системы охлаждения.	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
6	Современные фотоприёмники, ПЗС,	28	10	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение</p>

	болومترические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС												дополнительного материала по разделу "Современные фотоприёмники, ПЗС, болومترические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС"	
6.1	Приборы с зарядовой связью.	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Современные фотоприёмники, ПЗС, болومترические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС"
6.2	Болومترические элементы.	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	"Современные фотоприёмники, ПЗС, болومترические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС"
6.3	Матричные ФПУ.	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 121 - 177, 217 - 221 [3], 146-159, 175-178, 274-276
	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	32	16	2	4	-	0.8	79.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0		32	16	32	18		4		0.8	113.2		
7	Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств	20	2	4	-	8	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств"
7.1	Физические основы электромагнитного излучения.	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств"
7.2	Когерентное излучение.	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 7 - 23, 38-45 [3], 48-54, 104-131 [4], 3-19 [6], 50-68 [7], 7-57
8	Люминесценция полупроводников.	22		6	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Люминесценция полупроводников."
8.1	Физические основы люминесценции.	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
8.2	Электролюминесценц	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>

8.3	Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК).	14	2	4	2	-	-	-	-	-	6	-	Повторение материала по разделу "Люминесценция полупроводников." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 20-33 [6], 71-80
9	Светодиоды и оптроны	30	4	8	6	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Светодиоды и оптроны"
9.1	Светодиоды	16	2	4	4	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Светодиоды и оптроны"
9.2	Оптроны и оптоэлектронные схемы.	14	2	4	2	-	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 277-281 [4], 34-47 [6], 112-125, 142-155
10	Полупроводниковые лазеры	34	8	-	10	-	-	-	-	-	16	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Полупроводниковые лазеры"
10.1	Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах.	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Полупроводниковые лазеры"
10.2	Лазеры на основе монопереходах.	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 24 - 37, 46-59, 198-228 [3], 282-286 [4], 48-65 [7], 157-165, 305-311
10.3	Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры.	10	2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
10.4	Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер.	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
11	Оптические модуляторы и дефлекторы	22	4	4	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптические модуляторы и дефлекторы"
11.1	Управление параметрами излучения.	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу

11.2	Оптические модуляторы и дефлекторы.	14		2	4	2	-	-	-	-	-	6	-	"Оптические модуляторы и дефлекторы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 275-285 [4], 120-126 [6], 199-227 [7], 169-198
12	Устройства и элементы современной интегральной оптики	16		6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Устройства и элементы современной интегральной оптики"
12.1	Устройства оптической памяти.	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>
12.2	Устройства и элементы интегральной оптики.	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	Повторение материала по разделу "Устройства и элементы современной интегральной оптики" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [7], 297-345
	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	32	16	2	4	-	0.8	79.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0		32	16	32	18	4	0.8			113.2		
	ИТОГО	432.0	-	64	32	64	36	8	1.6			226.4		

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..

7. Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств

7.1. Физические основы электромагнитного излучения.
Уравнения Максвелла.. Прохождение электромагнитных волн в диэлектрике..

7.2. Когерентное излучение.
Функция взаимной когерентности.. Основные свойства фотонов..

8. Люминесценция полупроводников.

8.1. Физические основы люминесценции.
Основные понятия и определения.. Рекомбинационное излучение..

8.2. Электролюминесценция
Спонтанные и вынужденные переходы.. Механизмы возбуждения электролюминесценции.. Спектры люминесценции..

8.3. Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК).
принцип работы, устройство, материалы, области применения.. Характеристики (ВАХ и ВЯХ) ЭЛК.

9. Светодиоды и оптроны

9.1. Светодиоды
Материалы, используемые для конструирования светодиодов.. Параметры светодиодов..

9.2. Оптроны и оптоэлектронные схемы.
Определение оптрона, его устройство, принцип действия.. Классификация оптронов.
Системы параметров оптронов..

10. Полупроводниковые лазеры

10.1. Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах.
Первое лазерное условие.. Второе лазерное условие..

10.2. Лазеры на основе монопереходах.
Устройство и типы приборов. Резонаторы и моды.. Основные параметры лазеров:
диаграмма направленности, ВАХ и КПД..

10.3. Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры.

Устройство и типы приборов..

10.4. Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер.
Устройство и типы приборов..

11. Оптические модуляторы и дефлекторы

11.1. Управление параметрами излучения.
Оптические свойства анизотропной среды..

11.2. Оптические модуляторы и дефлекторы.
Модуляторы оптического излучения.. Оптические дефлекторы..

12. Устройства и элементы современной интегральной оптики

12.1. Устройства оптической памяти.
Принципы записи и считывания информации.. Голография..

12.2. Устройства и элементы интегральной оптики.
Элементы оптических вычислительных машин..

3.3. Темы практических занятий

1. Управление параметрами излучения;
2. Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер;
3. Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры;
4. Лазеры на основе монопереходах;
5. Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах;
6. Оптроны и оптоэлектронные схемы;
7. Светодиоды;
8. Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК);
9. Когерентное излучение;
10. Физические основы электромагнитного излучения;
11. Приборы с зарядовой связью;
12. Оптические модуляторы и дефлекторы.;
13. Системы охлаждения;
14. Материалы для оптических окон, оптические фильтры;
15. Фотодиод (ФД) на основе рп-перехода;
16. Основы теории шумов ФР;
17. Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов;
18. Собственный ФР (СФР). Параметры СФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов;
19. Физические явления в фоторезисторах. Схема измерения;
20. Основные параметры и характеристики ФП;
21. Характеристики излучения. Оптические свойства полупроводников и их влияние на параметры фотоприемников;
22. Боллометрические элементы;
23. Устройства оптической памяти.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Акусто-оптический дефлектор;
2. Собственный фоторезистор;
3. Электролюминесцентный конденсатор;
4. Люкс-амперные характеристики светодиода;
5. Фотодиод;
6. Оптроны.

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 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 - PbTe (300 К)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 6	7 - 10	11 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	40	40	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	60	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Темновые характеристики
2	Световые характеристики
3	Спектральные характеристики

2 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Материал - KPT ($x=0.3$) (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 - PbTe (300 К)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 6	7 - 10	11 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	40	40	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	60	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Темновые характеристики
2	Световые характеристики
3	Спектральные характеристики

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	7	8	9	10	11	12		
Знать:															
основные приборы, используемые как источники излучения разных длин волн, и принципы их работы	ИД-1ПК-1														<p>Контрольная работа/Входной контроль знаний по теме источники излучения</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе"</p> <p>Контрольная работа/Итоговая контрольная работа за 2 семестр</p>
основные приборы, используемые для приема излучения разных длин волн, и принципы их работы	ИД-1ПК-1	+	+	+	+	+	+								<p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Изучение статических характеристик полупроводниковых фотодиодов и фоторезисторов"</p> <p>Лабораторная работа/Защита</p>

															<p>лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов"</p> <p>Контрольная работа/Итоговая контрольная работа за 1 семестр</p> <p>Контрольная работа/Проверочная работа по теме п/п приемники излучения</p>
Уметь:															
проектировать фоторезисторы для различных диапазонов длин волн, рассчитывать их параметры и моделировать их работу	ИД-1ПК-1			+											<p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование работы фоторезисторов в динамическом режиме"</p> <p>Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Исследование световых характеристик фоторезисторов"</p>

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 за 1 семестр (Контрольная работа)
2. Проверочная работа по теме п/п приемники излучения (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)

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Входной контроль знаний по теме источники излучения (Контрольная работа)
2. Итоговая контрольная работа за 2 семестр (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода" (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора" (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе" (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.

Экзамен (Семестр №2)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №2)

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 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

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

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

2. Борейшо А. С., Ивакин С. В.- "Лазеры: устройство и действие", (3-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (304 с.)

<https://e.lanbook.com/book/186213>;

3. 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 .;

4. 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/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2863;

5. 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/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4106;

6. Шуберт, Ф. Светодиоды : пер. с англ. / Ф. Шуберт . – 2-е изд . – М. : Физматлит, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-922108-51-5 .;

7. Панов, М. Ф. Физические основы интегральной оптики : учебное пособие для вузов по направлению "Электроника и микроэлектроника" / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов, Ю. В. Филатов . – М. : АКАДЕМИЯ, 2010 . – 432 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 978-5-7695-5976-1 ..

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

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. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
11. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
16. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
17. Информιο - <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-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
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
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, 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
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	К-105/1, Компьютерный класс	стол, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный, кондиционер
	К-105/2, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска меловая, кондиционер
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

Оптоэлектроника

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Проверочная работа по теме п/п приемники излучения (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-5 Итоговая контрольная работа за 1 семестр (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		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, %:		10	15	20	20	35

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-7 Входной контроль знаний по теме источники излучения (Контрольная работа)
КМ-8 Защита лабораторной работы "Исследование характеристик электролюминесцентного конденсатора и резистивного оптрона на его основе" (Лабораторная работа)
КМ-9 Защита лабораторной работы "Изучение характеристик инжекционного светодиода" (Лабораторная работа)
КМ-10 Защита лабораторной работы "Изучение работы диодного оптрона в импульсном режиме" (Лабораторная работа)
КМ-11 Защита лабораторной работы "Исследование акустооптического дефлектора" (Лабораторная работа)
КМ-12 Итоговая контрольная работа за 2 семестр (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12
		Неделя КМ:	4	6	10	12	14	15
1	Физические явления, лежащие в основе оптоэлектронных устройств							
1.1	Физические основы электромагнитного излучения.		+	+	+	+	+	+
1.2	Когерентное излучение.		+	+	+	+	+	+
2	Люминесценция полупроводников.							
2.1	Физические основы люминесценции.		+	+	+	+	+	+
2.2	Электролюминесценция		+	+	+	+	+	+
2.3	Электролюминесцентные конденсаторы (ЭЛК).		+	+	+	+	+	+

3	Светодиоды и оптроны						
3.1	Светодиоды	+	+	+	+	+	+
3.2	Оптроны и оптоэлектронные схемы.	+	+	+	+	+	+
4	Полупроводниковые лазеры						
4.1	Вынужденное излучение в полупроводниковых лазерах.	+	+	+	+	+	+
4.2	Лазеры на основе монопереходах.	+	+	+	+	+	+
4.3	Лазеры на гетеропереходах. Полосковые лазеры.	+	+	+	+	+	+
4.4	Лазеры с квантово-размерными слоями. Квантовый каскадный лазер.	+	+	+	+	+	+
5	Оптические модуляторы и дефлекторы						
5.1	Управление параметрами излучения.	+	+	+	+	+	+
5.2	Оптические модуляторы и дефлекторы.	+	+	+	+	+	+
6	Устройства и элементы современной интегральной оптики						
6.1	Устройства оптической памяти.	+	+	+	+	+	+
6.2	Устройства и элементы интегральной оптики.	+	+	+	+	+	+
Вес КМ, %:		10	15	15	15	15	30

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оптоэлектроника

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Расчет темновых характеристик ФР
- КМ-2 Расчет световых характеристик
- КМ-3 Расчет спектральных характеристик

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	6	10	15
1	Темновые характеристики		+		
2	Световые характеристики			+	
3	Спектральные характеристики				+
Вес КМ, %:			20	40	40

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Расчет темновых характеристик
- КМ-2 Расчет световых характеристик
- КМ-3 Расчет спектральных характеристик

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	6	10	15
1	Темновые характеристики		+		
2	Световые характеристики			+	
3	Спектральные характеристики				+
Вес КМ, %:			20	40	40