

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

Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и нанoeлектроника

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИЁМНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ


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;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов;
Консультации	1 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	1 семестр - 129,2 часа;
в том числе на КП/КР	1 семестр - 15,7 часов;
Иная контактная работа	1 семестр - 4 часа;
включая: Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсовой работы	1 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

Б.Н.


Мирошников

(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-70caf8c

(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 (боллометрических элементов)..

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем	ИД-1 _{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.

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 6 зачетных единиц, 216 часов.

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

													<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], 33-48, 258-262 [2], 10-19 [4], 8 - 10, 23 - 45</p>
3	Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные.	46	10	8	6	-	-	-	-	-	22	-	<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>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Фоторезисторы (ФР). Собственные и примесные."</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>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 55-86, 160-162, 263-269 [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.	16	2	8	-	-	-	-	-	-	6	-	
3.3	Параметры ПФР, изготовленных из различных полупроводниковых материалов.	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3.4	Основы теории шумов ФР.	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	

													[3], 7-11, 19-32, 75-90 [4], 11, 53 - 64
4	Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами	24	4	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами"
4.1	Фотодиод (ФД) на основе pn-перехода.	24	4	4	4	-	-	-	-	-	12	-	<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. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы работы фотоприёмников с потенциальными барьерами" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 112-134, 163-164, 269-273 [2], 96-106, 129-136 [3], 33-37, 66-74 [4], 12 - 13, 76 - 97
5	Элементы конструкция фотоприемников.	16	4	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Элементы конструкция фотоприемников, современные тенденции конструкции"
5.1	Материалы для оптических окон, оптические фильтры.	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Элементы конструкция фотоприемников, современные тенденции конструкции"
5.2	Системы охлаждения.	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 65 - 75
6	Современные фотоприёмники, ПЗС,	18	6	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу

	болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС												"Современные фотоприёмники, ПЗС, болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС"
6.1	Приборы с зарядовой связью.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Самостоятельное изучение</u>
6.2	Болометрические элементы.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Современные фотоприёмники, ПЗС, болометрические элементы, ФПУ на основе матричных ФЧС"
6.3	Матричные ФПУ.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 146-159, 175-178, 274-276 [4], 121 - 177, 217 - 221
	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 параметров излучающего тела (АЧТ);
2. Расчет параметров идеального ФП;
3. Расчет темновых характеристик ФР;
4. Расчет параметров ФР при освещении;
5. Принцип работы и расчет некоторых параметров классического ФД;
6. Расчет лавинного ФД и фотодиода Шоттки;
7. Расчет оптимальных температурных условий для фотоприемника, подбор системы охлаждения. Выбор материалов для окон фотоприемников;
8. Изучение параметров современных фотоприемных устройств.

3.4. Темы лабораторных работ

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

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

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

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 1 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

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

- Материал - РbTe (300 К)

График выполнения курсового проекта

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

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

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

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

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

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

Форма реализации: Устная форма

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №1)

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

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

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

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=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
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	К-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
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	К-102, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для	К-109/1, Кабинет	кресло рабочее, рабочее место

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

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Полупроводниковые приёмники излучения

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

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

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

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

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

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

Полупроводниковые приёмники излучения

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 Моделирование темновой ВАХ ФР

КМ-2 Моделирование световой ВАХ ФР

КМ-3 Спектральные характеристики ФР

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

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