

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Приборы квантовой и оптической электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 8

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к.т.н., доцент, Рабинович Олег Игоревич

Рабочая программа

Приборы квантовой и оптической электроники

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 21.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Диденко С.И.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Дать представление о технической основе квантовой и оптической электроники и ее функциональном назначении; научить анализировать физические основы квантовой и оптической электроники и процессы, происходящие в оптоэлектронных структурах; дать представление о типах оптоэлектронных приборов и принципах их работы; научить применять полученные знания при разработке новых приборов оптоэлектроники с заданными параметрами и характеристиками.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.11
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.1.2	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.1.3	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.1.4	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.1.5	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.1.6	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.1.7	Полевые полупроводниковые приборы	
2.1.8	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.1.9	Приемники оптического излучения	
2.1.10	Физика импульсного отжига	
2.1.11	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.1.12	Физические основы электроники	
2.1.13	Функциональная нанoeлектроника	
2.1.14	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.15	Инженерная математика	
2.1.16	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.17	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.18	Технология материалов электронной техники	
2.1.19	Физика диэлектриков	
2.1.20	Физика конденсированного состояния	
2.1.21	Физика магнитных явлений	
2.1.22	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.23	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.24	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.25	Статистическая физика	
2.1.26	Физические свойства кристаллов	
2.1.27	Электроника	
2.1.28	Основы квантовой механики	
2.1.29	Практическая кристаллография	
2.1.30	Физика	
2.1.31	Физическая химия	
2.1.32	Математика	
2.1.33	Органическая химия	
2.1.34	Химия	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Методы математического моделирования	
2.2.2	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.2.3	Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники	
2.2.4	Оформление результатов научной деятельности	
2.2.5	Силовые полупроводниковые приборы	
2.2.6	Физика квантоворазмерных полупроводниковых композиций	
2.2.7	Физика наноструктур	
2.2.8	Физико-химия и технология наноструктур	

2.2.9	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике
2.2.10	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой электроники
2.2.11	Мессбауэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники
2.2.12	Микросхемотехника
2.2.13	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии
2.2.14	Неразрушающие методы контроля процессов формирования гетерокомпозиций
2.2.15	Планирование научной деятельности
2.2.16	Приборные структуры на некристаллических материалах
2.2.17	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках
2.2.18	Приборы и устройства магнитоэлектроники
2.2.19	Приборы и устройства на основе наносистем
2.2.20	Программирование микроконтроллеров
2.2.21	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1
2.2.22	Технология наногетероструктур
2.2.23	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.24	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства
2.2.25	Проектирование и технология электронной компонентной базы
2.2.26	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.27	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования
2.2.28	Физика и техника магнитной записи
2.2.29	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)
2.2.30	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений А2В6
2.2.31	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.32	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники

Знать:

ПК-4-31 Методики обработки результатов измерений опытных образцов изделий электронной техники

ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники

Знать:

ПК-5-31 Типовые конструкции приборов квантовой и оптической электроники

ПК-5-32 Методы моделирования характеристик оптоэлектронных приборов

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1-31 Основные положения, законы и методы полупроводниковой электроники для решения задач оптоэлектроники

ОПК-1-32 Основные положения и методы математики для решения задач проектирования оптоэлектронных приборов

ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники

Уметь:

ПК-5-У2 Составлять технические описания конструкции оптоэлектронных приборов и их характеристик

ПК-5-У1 Проводить расчеты с целью разработки конструкции оптоэлектронных приборов с заданными характеристиками

ПК-4: Способность обрабатывать результаты измерений опытных образцов изделий электронной техники

Уметь:

ПК-4-У1 Вычислять погрешности измерений опытных образцов изделий электронной техники

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Уметь:
ОПК-1-У2 Проводить расчеты параметров и характеристик оптоэлектронных приборов
ОПК-1-У1 Проводить анализ характеристик полупроводниковых оптоэлектронных приборов на основе основных положений, законов и методов полупроводниковой электроники
ПК-5: Способность проводить анализ и выбор перспективных технологических процессов при производстве изделий микроэлектроники
Владеть:
ПК-5-В1 Способностью разрабатывать оптоэлектронные приборы с заданными характеристиками
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Владеть:
ОПК-1-В2 Методами моделирования характеристик оптоэлектронных приборов
ОПК-1-В1 Методами проектирования конструкции оптоэлектронных приборов для получения заданных характеристик

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Приборы, системы и устройства квантовой и оптической электроники. Основные принципы взаимодействия излучения с полупроводниками							
1.1	Основные принципы работы и классификация полупроводниковых фотоприемников. Расчеты фотопроводимости и характеристик фоторезисторов /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ПК-5-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			
1.2	Изучение основных характеристик взаимодействия излучения с полупроводником /Ср/	8	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
1.3	Решения задач по расчетам взаимодействия излучения с полупроводниками и характеристик фоторезисторов /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2		КМ1	Р1
	Раздел 2. Классификация полупроводниковых фотоприемников. Фотодиоды							
2.1	Физические принципы работы фотодиодов. Параметры. Спектральные характеристики чувствительности /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
2.2	Изучение методики расчета характеристик фотодиодов /Ср/	8	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3			

2.3	Решение задач по расчету характеристик фотодиодов /Пр/	8	1	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3			
2.4	Подготовка к лабораторной работе "Изучение характеристик фотодиодов" /Ср/	8	2	ОПК-1-31 ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2			
2.5	Изучение характеристик фотодиодов /Пр/	8	1	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2	Работа проводится в специализированной лаборатории в соответствии с разделом МТО		
2.6	Подготовка к защите лабораторной работы. Обработка экспериментальных результатов /Ср/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2		КМЗ	РЗ
2.7	Выполнение Домашней работы "Расчеты характеристик оптоэлектронных структур" /Ср/	8	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
	Раздел 3. Фотоэлектрические преобразователи энергии							
3.1	Основные физические принципы работы фотопреобразователей. Материалы и виды конструкций современных фотопреобразователей. /Лек /	8	4	ОПК-1-31 ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
3.2	Подготовка к лабораторной работе "Фотоэлектрические преобразователи энергии" /Ср/	8	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2			
3.3	Фотоэлектрические преобразователи энергии /Пр/	8	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2	Работа проводится в специализированной лаборатории в соответствии с разделом МТО		
3.4	Подготовка к защите лабораторной работы. Обработка экспериментальных результатов /Ср/	8	3	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-5-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2			
3.5	Изучение методик расчетов характеристик фотопреобразователей /Ср/	8	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ПК-5-32 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4			

3.6	Оптимизация конструкции фотопреобразователей энергии /Пр/	8	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-32 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ5	Р5
	Раздел 4. Фототранзисторы							
4.1	Основные физические принципы работы фототранзисторов. Моделирование характеристик фоточувствительности фототранзисторов. Влияние конструкции и характеристики полупроводниковых материалов на параметры фототранзисторных структур /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
4.2	Изучение основных принципов работы фототранзисторов. Подготовка алгоритмов расчетов характеристик фототранзисторов /Ср/	8	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-5-32 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
4.3	Расчеты характеристик и оптимизация конструкции фототранзисторов /Пр/	8	1	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-32 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4			
4.4	Подготовка к лабораторной работе "Изучение основных характеристик биполярных фототранзисторов" /Ср/	8	10	ПК-5-31 ПК-5-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2			
4.5	Изучение основных характеристик биполярных фототранзисторов /Пр/	8	1	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2	Работа проводится в специализированной лаборатории в соответствии с разделом МТО		
4.6	Подготовка к защите лабораторной работы. Обработка экспериментальных результатов. /Ср/	8	10	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-5-31 ПК-5-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2			
	Раздел 5. Оптопары							
5.1	Основные физические принципы работы оптопар. Влияние конструкции и выбора материала оптопар современных оптоэлектронных структур на их характеристики /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
5.2	Подготовка к лабораторной работе "Изучение характеристик оптронов" /Ср/	8	10	ОПК-1-31 ПК-5-31 ПК-5-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2			

5.3	Изучение характеристик оптронов /Пр/	8	1	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2	Работа проводится в специализированной лаборатории в соответствии с разделом МТО		
5.4	Подготовка к защите лабораторной работы. Обработка экспериментальных результатов /Ср/	8	10	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-5-31 ПК-5-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2			
	Раздел 6. Основы теории и физические принципы работы светоизлучательных приборов. Светодиоды							
6.1	Спонтанное и вынужденное излучения в полупроводниках. Принципы генерации и усиления света квантовыми системами. /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
6.2	Изучение методики построения зонных диаграмм гетероструктур /Ср/	8	10	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-32 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
6.3	Построение и расчет энергетических диаграмм гетероструктур /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2		КМ9	Р9
6.4	Конструкции и характеристики светодиодных структур /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ПК-5-31	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
6.5	Изучение методик расчетов характеристик светодиодных структур /Ср/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
6.6	Расчеты характеристик светодиодных структур и оптимизация конструкции. /Пр/	8	1	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
6.7	Выполнение Домашнего задания "Расчеты характеристик оптоэлектронных структур" /Ср/	8	10	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 7. Полупроводниковые лазеры							

7.1	Основные физические принципы работы полупроводниковых лазеров. /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
7.2	Изучение методик расчетов характеристик и оптимизации конструкции полупроводниковых лазеров. /Ср/	8	10	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
7.3	Конструкции и характеристики работы полупроводниковых лазеров /Лек/	8	4	ОПК-1-31 ПК-5-31	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
7.4	Расчеты конструкции и характеристик полупроводниковых лазеров /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Решения задач по расчетам взаимодействия излучения с полупроводниками и характеристик фоторезисторов (ПЗ1)	ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ОПК-1-32;ОПК-1-В1	<p>Определение коэффициента отражения излучения полупроводником.</p> <p>Определение коэффициента пропускания излучения полупроводником.</p> <p>Определение коэффициента поглощения излучения полупроводником, его физический смысл.</p> <p>Закон Бугера-Ламберта.</p> <p>Как связаны длина волны кванта света и его энергия.</p> <p>Скорость генерации избыточных носителей заряда.</p> <p>Определение фотопроводимости.</p> <p>Параметры и характеристики фоторезисторов.</p> <p>Влияние характеристик материала, конструкции фоторезисторов и режимов измерения на спектральную характеристику чувствительности.</p>
КМ2	Решение задач по расчету характеристик фотодиодов (ПЗ2)	ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2	<p>Основные характеристики фотодиода.</p> <p>Что такое интегральная чувствительность фотодиода?</p> <p>Что такое спектральная чувствительность фотодиода?</p> <p>Методика расчета спектральной характеристики фотодиода.</p> <p>Уравнение непрерывности для расчета фототока в фотодиоде.</p> <p>Какие носители заряда принимают участие в формировании фототока?</p> <p>Какая доля избыточных носителей заряда, образованных квантами света в области пространственного заряда, образует фототок?</p> <p>Чем определяется, какая доля носителей заряда, образованных в квазинейтральных областях, принимает участие в формировании фототока?</p> <p>Чем определяется вклад отдельных областей фотодиода в фоточувствительность?</p> <p>Каким образом увеличить чувствительность фотодиода в длинноволновой области?</p> <p>Как влияет внешнее оптическое излучение на вольт-амперную характеристику фотодиода?</p>

КМ3	Защита ЛР1 "Изучение характеристик фотодиодов"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	<p>Устройство и принцип работы фотодиода с барьером в виде р-п-перехода.</p> <p>Спектральная характеристика фоточувствительности фотодиода с барьером в виде р-п-перехода.</p> <p>Влияние конструкции и режимов измерения на спектральные характеристики фотодиода с барьером в виде р-п-перехода.</p> <p>Устройство и принцип работы фотодиода с барьером в виде барьера Шотки.</p> <p>Спектральная характеристика фоточувствительности фотодиода с барьером в виде барьера Шотки.</p> <p>Влияние конструкции и режимов измерения на спектральные характеристики фотодиода с барьером в виде барьера Шотки.</p> <p>Устройство и принцип работы фотодиода с барьером в виде МДП-структуры.</p> <p>Устройство и принцип работы лавинного фотодиода (ЛФД).</p> <p>Виды шумов.</p> <p>Обнаружительная способность фотодиодов различных конструкций.</p> <p>Зависимость спектральных характеристик фотодиода от частоты.</p> <p>Материалы, используемые для изготовления фотодиодов.</p>
КМ4	Защита ЛР2 "Фотоэлектрические преобразователи энергии"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2	<p>Устройство и принцип работы фотопреобразователя.</p> <p>Спектральное распределение интенсивности солнечного излучения.</p> <p>Вольт-амперные характеристики фотопреобразователя при подаче солнечной энергии.</p> <p>Основные параметры фотопреобразователя и их связь с конструкцией прибора и выбором материала.</p> <p>Коэффициент полезного действия фотопреобразователя.</p> <p>Расчет спектральных характеристик фотопреобразователя.</p> <p>Эквивалентная схема солнечного преобразователя с р-п-переходом.</p> <p>Материалы, используемые при изготовлении фотопреобразователей.</p> <p>Кремниевые солнечные элементы. Фотопреобразователи из монокристаллического, поликристаллического и аморфного кремния. Конструкции. Преимущества и недостатки.</p> <p>Пути совершенствования конструкции фотопреобразователей для получения их максимальной эффективности.</p>
КМ5	Решение задач по оптимизации конструкции фотопреобразователей энергии (ПЗ3)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	<p>Основные характеристики фотопреобразователей.</p> <p>Коэффициент полезного действия фотопреобразователя.</p> <p>Коэффициент заполнения фотопреобразователя.</p> <p>Напряжение холостого хода фотопреобразователя.</p> <p>Ток короткого замыкания фотопреобразователя.</p> <p>Как связаны ток короткого замыкания фотопреобразователя и напряжение холостого хода?</p> <p>Как влияет материал фотопреобразователя на коэффициент полезного действия?</p> <p>Что такое сопротивление растекания и его влияние на коэффициент полезного действия?</p> <p>Методы оптимизации конструкции фотопреобразователя с целью повышения коэффициента полезного действия.</p> <p>Конструкции фотопреобразователей.</p>
КМ6	Расчеты характеристик и оптимизация конструкции фототранзисторов (ПЗ4)	ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	<p>Основные виды конструкции фототранзисторов.</p> <p>Коэффициент усиления фототранзистора.</p> <p>Опишите физические принципы усиления фототранзистора.</p> <p>Как перераспределяются избыточные фотоносители, образованные в базе фототранзистора?</p> <p>Как перераспределяются избыточные фотоносители, образованные в эмиттере фототранзистора?</p> <p>Методика расчета распределения фотоносителей в фототранзисторе.</p> <p>Методы оптимизации конструкции фототранзистора.</p> <p>Спектральная характеристика чувствительности фототранзистора.</p> <p>Факторы, влияющие на спектральную характеристику фототранзистора.</p> <p>Конструкции фототранзисторов.</p>

КМ7	Защита ЛР3 "Изучение основных характеристик биполярных фототранзисторов"		Физические процессы, происходящие в биполярном транзисторе при освещении базовой области. Физические процессы, происходящие в биполярном транзисторе при освещении эмиттерной области. Расчет избыточной концентрации подвижных носителей заряда в базовой области БФТ. Конструкции современных биполярных фототранзисторов. Биполярный фототранзистор с эмиттерным гетеропереходом. Граничная частота биполярного фототранзистора. Коэффициент оптического усиления биполярного фототранзистора.
КМ8	Защита ЛР4 "Изучение характеристик оптронов"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Устройство и принцип работы оптрона. Преимущества и недостатки фотоприемников, используемых в оптронах. Основные параметры и конструкции светодиодных структур оптронов. Система параметров оптопар. Система обозначений современных оптронов. Факторы, влияющие на коэффициент передачи оптопары. Факторы, влияющие на частотные и импульсные характеристики оптопары. Параметры входной цепи оптопар и факторы, влияющие на эти характеристики. Параметры выходной цепи оптопар и факторы, влияющие на эти характеристики. Передачные параметры оптопар и факторы, влияющие на эти характеристики. Основные виды конструкций и параметры диодных оптопар. Основные виды конструкций и параметры транзисторных и тиристорных оптопар. Основные виды конструкций и параметры резисторных оптопар.
КМ9	Построение и расчет энергетических диаграмм гетероструктур (П35)	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Методика расчета положения уровня Ферми в полупроводниках. Что такое сродство к электрону? Что такое уровень вакуума? Работа выхода полупроводника и методика ее расчета. Методика построения зонной диаграммы гетероструктур. Типы диаграмм гетероструктур. Какая гетероструктура подходит для создания светодиодных и лазерных структур?
КМ10	Расчеты характеристик светодиодных структур и оптимизация конструкции (П36)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты спонтанного и вынужденного излучения. Механизмы излучательной рекомбинации. Механизмы безызлучательной рекомбинации. Излучательное и безызлучательное время жизни. Токовые потери в светодиоде. Внутренний квантовый выход светодиодной структуры. Механизмы, ограничивающие выход излучения из светодиодной структуры. Внешний квантовый выход светодиодной структуры. Эффект растекания в светодиодной структуре. Коэффициент полезного действия светодиодной структуры. Способы повышения коэффициента полезного действия светодиодной структуры. Конструкции светодиодов.
КМ11	Расчеты конструкции и характеристик полупроводниковых лазеров (П37)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Условия оптического усиления. Инверсная населенность, понятие отрицательной температуры. Коэффициент оптического усиления. Ширина спектральных линий полупроводниковых излучателей. Резонатор Фабри-Перо. Фазовое условие. Условие генерации лазерного излучения. Порог лазерной генерации. Принципы действия полупроводникового лазерного излучателя. Выходная мощность инжекционного лазера. Коэффициент полезного действия лазера. Схема преобразования мощности в полупроводниковом лазере. Диаграмма направленности инжекционного лазера. Светоизлучательные структуры с эффектом усиления их преимущества и недостатки.

КМ12	Контрольная работа №1 Фотоприемные приборы	ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рассчитать скорость генерации подвижных носителей заряда в кремнии на глубине 0,2 мкм (коэффициент поглощения 10^3 см^{-1}, плотность потока квантов света $10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). Квантовую эффективность принять равной единице. 2. Фотопроводимость в кремнии составляет 0,03 См/см. Определить избыточную концентрацию электронов и дырок. 3. Кремний облучается постоянным потоком квантов монохроматического излучения. Рассчитать стационарную концентрацию избыточных электронов и дырок на глубине 0,2 мкм (коэффициент поглощения 10^3 см^{-1}, плотность потока квантов света $10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$,). Квантовую эффективность принять равной единице. 4. Кремниевая пластина облучалась постоянным потоком оптического излучения. Определить во сколько раз изменится фотопроводимость через 10–5с после отключения светового потока, если $t_n = t_p = 10^{-6} \text{ с}$. 5. Определить отношение фотопроводимостей двух пластин кремния толщиной 100мкм, если одна из них $t_n = t_p = 10^{-6} \text{ с}$. $a = 10 \text{ см}^{-1}$. (Принять, что кванты света равномерно поглощаются в полупроводнике). 6. Определить число квантов света длиной волны 0,555 мкм падающих на поверхность кремния площадью 1см² единицу времени, если плотность потока составляет 0,05 Вт/м². 7. Определить долю носителей заряда, генерированных в области пространственного заряда кремниевого фотодиода. Глубина залегания резкого p+n перехода 0,1 мкм, концентрация примеси в слаболегированной области 10^{16} см^{-3}, коэффициент отражения 30%, коэффициент поглощения $5 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$, поток квантов света $10^{15} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. 8. Из условия предыдущей задачи рассчитать квантовую эффективность ОПЗ, площадь p+n перехода 0,1 см². 9. Из условия предыдущих задач определить чувствительность, которую обеспечивает ОПЗ. 0,5. 10. Рассчитать обнаружительную способность и пороговую мощность фотодиода, если в структуре преобладает тепловой (Джонсоновский) шум. (T=300К). <p>Варианты: (Генерационно-рекомбинационный, Фотонный шум, Дробовой).</p>
------	---	----------------------------	---

КМ13	Контрольная работа №2 Светоизлучающие приборы	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Требуется определить время жизни неосновных носителей в GaAs p-типа при концентрации легирующих примесей 10^{15} см^{-3} и 10^{18} см^{-3}. Коэффициент бимолекулярной рекомбинации считается равным $B = 10^{-10} \text{ см}^3/\text{с}$. 2. Рассчитать внутренний квантовый выход образования квантов света в светодиодной структуре и поток квантов оптического излучения для заданных полупроводниковых структур (Площадь – $0,1 \text{ см}^2$). 3. В двойной гетероструктуре с заданной структурой определить ток, при котором происходит полное заполнение носителями заряда активной области При заданном полупроводниковом материале, высоте потенциального барьера и толщине активной области. Коэффициент бимолекулярной рекомбинации из таблицы в презентации к 1-му практическому занятию. 4. Для заданной полупроводниковой светодиодной структуры определить долю выходящего излучения через границу с воздухом вследствие внутреннего отражения. Внутренним поглощением пренебречь. Определить во сколько раз изменится доля выходящего излучения, при использовании прозрачного полимерного корпуса с показателем преломления 1,5. 5. Для заданного материала светодиода подобрать антиотражающее покрытие и рассчитать его толщину. Длина волны соответствует ширине запрещенной зоны полупроводника. 6. Для заданной полупроводниковой структуры определить при заданном токе расстояние от края металлического контакта, на котором ток спадает в заданное число раз. 7. Рассчитайте равновесную разность населенностей в двухуровневой системе при $T = 300 \text{ К}$, отнесенную к общему числу частиц, считая кратность вырождения уровней одинаковыми, для случаев, когда энергетический зазор между ними составляет 0,001; 0,01; 0,1; 1 и 10 эВ. Укажите длину волны и частоты соответствующих излучений. 8. Степени вырождения нижнего E1 и верхнего E2 энергетических уровней равны восьми и двум соответственно. На нижнем уровне число частиц равно 10^{18} см^{-3}. При какой концентрации частиц на верхнем уровне N2 наступает инверсная населенность? 9. В собственном полупроводнике ширина запрещенной зоны $E_g = 2,7 \text{ эВ}$. В результате накачки разность квазиуровней Ферми стала равной 2,9 эВ. Найдите интервал длин волн, в котором вещество будет усиливать, проходящее через него оптическое излучение. 10. В некоторых электролюминесцентных диодах из арсенида галлия при инжекции интенсивность излучения зависит от прямого напряжения как $\exp(qU/kT)$, т.е. пропорциональна диффузионному току, и основная часть излучения выходит во внешнюю среду во внешнюю среду из p-области p-n-перехода. Можно утверждать, что излучение электролюминесцентного диода создается за счет диффузионного тока электронов в p-область. Учитывая это, обсудите вопрос об оптимизации внешнего квантового выхода излучения путем изменения толщины p-области. Рассчитайте оптимальную толщину p-области излучающего диода из GaAs, решая одномерную задачу. Считайте, что приложенное напряжения на несколько kT меньше чем ширина запрещенной зоны GaAs. 11. Рассчитайте коэффициент усиления для GaAs-гомолазера при $T = 300 \text{ К}$, используя выражение (3.3), при следующих величинах: внутренняя квантовая эффективность 0,7; длина волны излучения в вакууме 900 нм; коэффициент преломления $n = 3.34$; ширина полосы спонтанного излучения $1,5 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$; толщина активной области $d = 10^{-6} \text{ м}$; плотность тока через переход 107
------	--	--	--

			<p>A/m².</p> <p>12. Покажите, как определить коэффициент потерь α инжекционного лазера из двух измерений порогового тока, взятых при различных значениях коэффициента отражения зеркала.</p> <p>13. Покажите, что если ширина d области локализации оптического излучения инжекционного лазера меньше толщины t активной области, то коэффициент усиления определяется по формуле (3.2), где d заменяется на t.</p> <p>14. Покажите, что в резонаторе Фабри-Перо длиной l расстояние между модами описывается выражением</p> <p>15. Резонатор инжекционного лазера образован естественными гранями полупроводникового кристалла с коэффициентом отражения $R_1 = R_2 = 0,37$. Определите коэффициент потерь $\alpha_p = \alpha - (1/2)\ln(R_1R_2)$ для $\alpha = 5 \text{ см}^{-1}$, $l = 400 \text{ мкм}$ и $l = 100 \text{ мкм}$. Чему равен α_p, если на грани резонатора нанести отражающие покрытия с $R_1 = 1$ и $R_2 = 0,98$?</p> <p>16. Лазер с плоским резонатором генерирует на двух соседних модах с 500 нм и 501 нм, показатель преломления $n = 3,5 + 2i2l$, где l выражено в мкм. Определить длину резонатора l. Чему равно расстояние между модами и n, если $l = 400 \text{ мкм}$ и $l = 1 \text{ см}$.</p> <p>17. Рассчитайте пороговую плотность тока j_p инжекционного полупроводникового лазера, который имеет одно глухое зеркало ($R = 1$) и оптический выход с R_0. Величины l, α, d и t известны.</p> <p>18. Лазер, изготовленный из прямозонного полупроводника, имеет длину волны излучения $1,2 \text{ мкм}$ и внешний квантовый выход 25%. Предполагая, что выходная мощность составляет 20 мВт, оцените значение инжекционного тока. Какую ширину запрещенной зоны имеет полупроводник, из которого изготовлен активный элемент?</p> <p>19. Гетеролазер на двойной гетероструктуре $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}/\text{GaAs}$ имеет длину резонатора $3 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, коэффициент поглощения $\alpha = 10^2 \text{ м}^{-1}$ и коэффициент отражения зеркал резонатора $\rho = 0,33$.</p> <p>а) Рассчитайте насколько снизится пороговый коэффициент усиления в результате увеличения коэффициента отражения на одном торце лазерного элемента до 1;</p> <p>б) Оцените уменьшения $j_{\text{эф}}$, связанное с этим изменением, используя графики на рис.3.13.</p> <p>в) Рассчитайте изменение порогового тока лазера, если ширина активного слоя $w = 10^{-5} \text{ см}$, толщина $t = 10^{-7} \text{ м}$ и внутренний квантовый выход 0,7.</p> <p>20. Определите расстояние, на котором оптическая мощность пучка уменьшится на порядок при распространении в волоконном световоде, имеющем следующие коэффициенты потерь: 1000 дБ/км; 10 дБ/км; 0,2 дБ/км.</p>
--	--	--	--

КМ14	Домашнее задание "Расчеты характеристик оптоэлектронных приборов"	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Основные характеристики и параметры фотодиодных структур. Факторы, влияющие на характеристики фотодиодных структур. Методика расчета характеристик фотодиодных структур. Способы оптимизации конструкции фотодиодных структур. Основные характеристики и параметры светодиодных и лазерных структур. Факторы, влияющие на характеристики светодиодных и лазерных структур. Методика расчета характеристик светодиодных и лазерных структур. Способы оптимизации конструкции светодиодных и лазерных структур.
------	--	---	--

KM15	Экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Принцип действия и основные параметры фоторезистора. Выбор материала. Какие факторы определяют вид спектральной характеристики фоторезистора? 2. Принцип действия и основные параметры фотодиода. Какие факторы определяют вид спектральной характеристики фотодиода? 3. Принцип действия и основные параметры фототранзистора. Какие факторы определяют вид спектральной характеристики фототранзистора? 4. Принцип действия и основные параметры фототранзистора. Коэффициент передачи фототранзистора. Какие факторы определяют коэффициент передачи фототранзистора? 5. Принцип действия и основные параметры и характеристики фотопреобразователей. 6. Коэффициент полезного действия фотопреобразователя. Пути повышения коэффициента полезного действия. 7. Принцип действия и основные параметры и характеристики оптронов? Преимущества и недостатки оптронов с различными фотоприемными устройствами (фоторезистор, фотодиод, фототранзистор). 8. Принцип действия и основные параметры и характеристики оптронов? Коэффициент передачи оптрона. От каких факторов зависит коэффициент передачи оптрона. 9. Принцип действия и основные параметры и характеристики оптронов? Частотные и импульсные характеристики оптронов. 10. Шумы в фотоприемниках. Виды шумов. 11. Обнаружительная способность фотоприемника. Каким образом можно повысить обнаружительную способность фоторезистора, фотодиода? 12. Спектральная характеристика фоточувствительности фотодиода. Вид спектральной характеристики. От каких факторов зависит. Основные принципы расчета спектральных характеристик фотодиода. 13. Материалы, используемые для изготовления фотопреобразователей. Их преимущества и недостатки. 14. Конструкции современных фототранзисторов. 15. Конструкции современных фотопреобразователей. 16. Оптические свойства полупроводников. 17. Люминесценция полупроводников. Виды люминесценции. Спонтанное и вынужденное излучения. Основные условия возникновения. 18. Скорость спонтанного и вынужденного излучения. Коэффициенты Эйнштейна. Связь между ними. 19. Ширина спектральных линий излучения. Форма линии спонтанного излучения. 20. Механизмы излучательной рекомбинации. Форма спектра межзонной излучательной рекомбинации. 21. Внутренний квантовый выход рекомбинационного излучения полупроводниковых материалов. 22. Оптическое усиление света в полупроводниках. Понятие отрицательной «температуры». Коэффициент оптического усиления. 23. Генерация лазерного излучения в полупроводниках. Резонатор Фабри-Перо. 24. Инжекционная электролюминесценция в рп-переходе. 25. Инжекционная люминесценция гетеропереходов. 26. Основные физические параметры светоизлучающих приборов. Внутренний квантовый выход. Основные пути повышения внутреннего квантового выхода. 27. Основные физические параметры светоизлучающих приборов. Внешний квантовый выход. Основные пути повышения внешнего квантового выхода. 28. Общие физико-технологические принципы конструирования светоизлучающих приборов. 29. Способы повышения эффективности светоизлучающих приборов. 30. Принцип действия и коэффициент оптического усиления
------	---------	-------------------------------------	--

			<p>лазера на рп-переходе.</p> <p>31. Порог генерации лазера.</p> <p>32. Выходная мощность стационарной генерации стационарных лазеров.</p> <p>33. Внешний дифференциальный квантовый выход генерации лазера.</p> <p>34. Устройство и спектр генерации инжекционных лазеров.</p> <p>35. Диаграмма направленности лазерного излучения.</p> <p>36. Инжекционные лазеры на односторонней и двухсторонней гетероструктурах.</p>
5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическое занятие №1	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Решения задач по расчетам взаимодействия излучения с полупроводниками и характеристик фоторезисторов
P2	Практическое занятие №2	ОПК-1-32;ОПК-1-У1	Решение задач по расчету характеристик фотодиодов
P3	Лабораторная работа №1 "Изучение характеристик фотодиодов"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Измерение характеристик фотодиодов, обработка экспериментальных результатов, защита лабораторной работы
P4	Лабораторная работа №2 "Фотоэлектрические преобразователи энергии"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2	Измерение характеристик фотопреобразователей, обработка экспериментальных результатов, защита лабораторной работы
P5	Практическое занятие №3	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Решение задач по оптимизации конструкции фотопреобразователей энергии
P6	Практическое занятие №4	ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Расчеты характеристик и оптимизация конструкции фототранзисторов
P7	Лабораторная работа №3 "Изучение основных характеристик биполярных фототранзисторов"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Измерение характеристик фототранзисторов, обработка экспериментальных результатов, защита лабораторной работы
P8	Лабораторная работа №4 "Изучение характеристик оптронов"	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Измерение характеристик оптронов, обработка экспериментальных результатов, защита лабораторной работы
P9	Практическое занятие №5	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Построение и расчет энергетических диаграмм гетероструктур
P10	Практическое занятие №6	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1	Расчеты характеристик светодиодных структур и оптимизация конструкции
P11	Практическое занятие №7	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Расчеты конструкции и характеристик полупроводниковых лазеров
P12	Контрольная работа №1	ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2	Решение задач по темам "Фотоприемные приборы"
P13	Контрольная работа №2	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Решение задач по темам "Светоизлучающие приборы"

P14	Домашнее задание	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Расчеты характеристик оптоэлектронных приборов
P15	Экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-У1	Ответы на вопросы экзаменационного билета

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов из различных разделов дисциплины. Комплект билетов хранится на кафедре.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

К экзамену студент допускается при условии выполнения всех контрольных мероприятий в семестре (практические и лабораторные работы, домашнее задание) и получении положительной оценки при защите.

Оценка за экзамен рассчитывается как среднеарифметическая по трем вопросам билета, при условии, что все вопросы написаны на положительную оценку.

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы;

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Киреев П. С.	Физика полупроводников: учеб. пособие для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1969
Л1.2	Горбачев В. В., Спицына Л. Г.	Физика полупроводников и металлов: учебник для вузов по спец. 'Технология спец. материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л1.3	Зи С. М., Трутко А. Ф.	Физика полупроводниковых приборов: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1973

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Юрчук Сергей Юрьевич, Диденко Сергей Иванович, Кольцов Геннадий Иосифович, Мартынов Валерий Николаевич	Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
Л2.2	Юрчук Сергей Юрьевич, Орлова Марина Николаевна, Борzych Ирина Вячеславовна, Щемеров Иван Васильевич	Приборы квантовой и оптической электроники: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2016

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Юрчук Сергей Юрьевич, Коновалов Михаил Павлович	Приборы квантовой и оптической электроники. Светоизлучающие и лазерные структуры (N 3503): курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2019

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Юрчук Сергей Юрьевич, Диденко Сергей Иванович, Кольцов Геннадий Иосифович	Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Электронная библиотека МИСиС	http://elibrary.misis.ru/browse.php
Э2	Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Э3	ФТИ им.А.Ф.Иоффе. Новые полупроводниковые материалы: диагностика и свойства	http://www.matprop.ru/
Э4	Оптические константы материалов	https://refractiveindex.info/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Visual Studio 2015

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Электронная библиотека МИСиС	http://elibrary.misis.ru/browse.php
И.2	Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
И.3	ФТИ им.А.Ф.Иоффе. Новые полупроводниковые материалы: диагностика и свойства	http://www.matprop.ru/
И.4	Оптические константы материалов	https://refractiveindex.info

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-503	Лаборатория	установка измерения вольт-амперных характеристик фотодиодов (аппервольтметр Ф-30, вольтметр В7-65, источник питания Motech LPS-305); установка для измерения характеристик оптоэлектронных приборов (источник питания Motech LPS-305, вольтметр В7-38); установка для измерения спектральных характеристик фотодиодов (монохроматор МДР-206, осветитель с галогенной лампой ОЛГ-20, ноутбук с ПО); установка для измерения спектральных характеристик светодиодов (монохроматор МДР-2, блок питания Б5-50); установка для измерения малых токов полупроводниковых приборов (комплекс измерительный ИЕН-2, фотоэлектронная приставка ФЭП-3); установка спектроскопии глубоких уровней полупроводниковых приборов (измеритель релаксации емкости, осциллограф С1-55, осциллограф С1-137/2, генератор Г6-46, источник питания QJ3003С III, QJ5003С); лазерные генераторы ЛГИ-21 (2шт.); вольтметры В2-34(2шт.), В7-138; излучатель ИЛГИ-503; блок питания Б5-46; мегаомметр Ф4.104; ПК, комплект учебной мебели
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Чтение лекций по данной дисциплине проводится как в классической форме, так и с использованием мультимедийных презентаций. Кроме того презентации размещаются на LMS Canvas. Слайд-конспект курса лекций предназначен для более глубокого усвоения материала при изучении разделов, связанных с технической частью курса. Презентация позволяет преподавателю иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, которые есть в учебном пособии, но и полноцветными фотографиями, рисунками и т.д. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к итоговому контролю.

При проведении практических занятий 50% времени отводится на самостоятельное решение задач. Перед началом занятия студентам рекомендуется ознакомиться с типовыми задачами, которые размещены на LMS Canvas и решить их с использованием знаний, полученных на лекции. Имеющиеся вопросы, которые студенты не могут решить самостоятельно рассматриваются дополнительно на практическом занятии. Практические занятия проводятся следующим образом:

- вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены);
- беглый опрос;
- решение 1-2 типовых задач у доски;
- самостоятельное решение задач;
- разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

После проведения запланированного числа занятий (после завершения модуля) студенты пишут контрольные работы. Оценка за контрольную работу рассчитывается как среднеарифметическое по всем вопросам, написанным на положительную оценку. При неудовлетворительной оценке по одному из вопросов контрольная считается написанной на неудовлетворительную оценку.

При проведении лабораторного практикума создаются условия для максимально самостоятельного выполнения лабораторных работ. Поэтому лабораторные занятия проводятся следующим образом:

- для допуска к выполнению лабораторной работы студенты индивидуально готовят конспект с кратким теоретическим описанием предмета исследований, порядком проведения работы, схемой измерений и заданием;
- допуск осуществляется на основе устных ответов студентов по вопросам методики проведения измерений;
- в соответствии с задания студенты (в бригадах 2-3 человека) проводят измерения. Результаты измерений заносятся в заранее заготовленные таблицы;
- преподаватель проверяет результаты измерений и ставит в лабораторном журнале отметку о выполнении работы;
- при подготовке к защите работы студент проводит обработку экспериментальных результатов в соответствии с заданием, строит требующиеся графики;
- на защите лабораторной работы преподаватель задает вопросы из перечня, размещенного в лабораторном практикуме для каждой лабораторной работы.
- по результатам выполнения работы и защиты преподаватель проставляет оценку.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных.

В начале семестра каждый студент получает индивидуальное задание на выполнение домашнего задания. Домашнее задание направлено на проведение расчетов с целью получения характеристик оптоэлектронных приборов и оптимизации конструкции в соответствии с заданием.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине преподавателю рекомендуется использовать следующие ее формы:

Допуск к экзамену осуществляется при обязательном выполнении всех учебных и контрольных мероприятий по дисциплине.

Итоговая оценка определяется при сдаче экзамена.