

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:26

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)

Приемники оптического излучения

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 57

Формы контроля в семестрах:
зачет с оценкой 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.т.н., Ст.преп., Саранин Данила Сергеевич

Рабочая программа

Приемники оптического излучения

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 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра ППЭ и ФПП

Протокол от 17.06.2021 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель – формирование знаний и компетенций в области полупроводниковых преобразователей оптического излучения, технологии и сфер применения.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.05
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.2	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.3	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.4	Технология материалов электронной техники	
2.1.5	Физика диэлектриков	
2.1.6	Физика конденсированного состояния	
2.1.7	Физика магнитных явлений	
2.1.8	Статистическая физика	
2.1.9	Физические свойства кристаллов	
2.1.10	Методы математической физики	
2.1.11	Основы квантовой механики	
2.1.12	Практическая кристаллография	
2.1.13	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.14	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.15	Физика	
2.1.16	Физическая химия	
2.1.17	Электротехника	
2.1.18	Математика	
2.1.19	Органическая химия	
2.1.20	Информатика	
2.1.21	Химия	
2.1.22	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Вакуумная и плазменная электроника	
2.2.2	Квантоворазмерные структуры в наноэлектронике	
2.2.3	Магнитные измерения	
2.2.4	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.2.5	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.2.6	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.7	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.2.13	Процессы вакуумной и плазменной электроники	
2.2.14	Светоизлучающие полупроводниковые приборы	
2.2.15	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники	
Знать:	
ПК-3-31	Методики измерения полупроводниковых фотоприемников

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Знать:
ОПК-1-31 Фундаментальные основы фотоэффектов в полупроводниках
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Знать:
УК-1-31 Возможности современных источников, баз данных по архитектурам и функционалу фотоприемников
ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники
Уметь:
ПК-3-У1 Работать с современной аналитической аппаратурой
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Уметь:
ОПК-1-У1 Анализировать приборные, входные и выходные характеристики полупроводниковых фотопреобразователей.
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Уметь:
УК-1-У1 Вычислять спектральные и электрические характеристик фотоприемников
ПК-3: Способность проводить предварительные измерения опытных образцов изделий электронной техники
Владеть:
ПК-3-В1 Навыками в современных программных средах характеристики полупроводниковых фотоприемников
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Владеть:
ОПК-1-В1 Современными программными инструментами моделирования работы фотоприемников
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач
Владеть:
УК-1-В1 Навыками проектирования фотоприемников заданного назначения

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. Фотоэффекты в полупроводниках							
1.1	Оптические явления в полупроводниках. Часть 1 /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.4 Л1.1 Л1.1Л3.7 Л3.9 Л3.10 Э1		КМ1	Р1,Р2
1.2	Функционал фотоприемников различных архитектур /Ср/	7	2	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.4 Л1.1 Л1.6		КМ1	Р1,Р2
1.3	Подготовка к расчетной части курсовой работы (Анализ спектров внешней квантовой эффективности). /Ср/	7	3	ОПК-1-В1	Л1.5		КМ1	Р2

1.4	Ознакомление с актуальной научной литературой, поисковыми сервисами и методическими материалами. /Ср/	7	3	УК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.3 Л1.7Л3.10 Л3.12 Э1 Э3		КМ1	Р2
1.5	Измерение спектров поглощения. Часть 1 /Лаб/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1Л1.1 Э2		КМ1	Р2
1.6	Оптические явления в полупроводниках. Часть 2 /Лек/	7	1	ОПК-1-В1	Л1.2Л1.1 Э4		КМ1	Р1
1.7	Оптические явления в полупроводниках. Часть 3 /Лек/	7	1	ОПК-1-В1			КМ1	Р1
1.8	Измерения спектров поглощения. Часть 2 /Лаб/	7	1	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1			КМ1	Р2,Р1
	Раздел 2. Фотоприемники на кристаллических полупроводниках							
2.1	Фотодиоды и фотопроводимость. Часть 1. /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.3 Л1.1 Л1.1 Л1.6 Л1.1Л2.1 Л1.1			
2.2	Пиксельные фотоприемники /Ср/	7	5	УК-1-В1	Л1.1 Л1.5 Л1.7Л3.9 Л3.10			
2.3	Специфика работы ИК фотоприемников /Пр/	7	1	УК-1-У1	Л1.5Л3.9 Э1			
2.4	Шумовые явления в фотодиодах /Пр/	7	1	ПК-3-31	Л1.5Л3.9 Э2			
2.5	Лавинные эффекты в фотодиодах /Лек/	7	1	ОПК-1-В1	Л1.7Л2.1 Л1.1Л3.9 Э1 Э3			
2.6	Био совместимые фотоприемники /Ср/	7	4	ОПК-1-31	Л1.1 Э3			
2.7	Широкозонные фотоприемники /Пр/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.6 Л1.7Л3.9 Э5			
2.8	Проработка методического материала для подготовки к контрольной работе. /Ср/	7	4	УК-1-31	Л1.5 Л1.7Л1.1Л3. 9		КМ1	Р1,Р2
2.9	Матрицы фотодиодов и совмещение фото TFT матриц /Ср/	7	4	ОПК-1-31	Л1.7Л3.9 Э6			
2.10	Резонансные явления в приборных структурах фотоприемников /Ср/	7	4	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.6 Э6			
2.11	Детекторы рентгеновского диапазона /Пр/	7	1	ОПК-1-31	Л2.1 Л1.1			
2.12	Детекторы МЭВ- ТЭВ диапазона /Пр/	7	1	ПК-3-31				
2.13	Детекторы дальнего ИК диапазона /Пр/	7	1	ПК-3-У1				
2.14	СВЧ фотопреобразователи /Пр/	7	1	УК-1-31				
2.15	Расчет эквивалентной схемы ФД. Часть 1 /Пр/	7	1	ОПК-1-У1				
2.16	Расчет эквивалентной схемы ФД. Часть 2 /Пр/	7	1	ПК-3-У1				
2.17	Расчет эквивалентной схемы ФД. Часть 3 /Пр/	7	1	ОПК-1-В1				

2.18	Расчет эквивалентной схемы ФД. Часть 4 /Пр/	7	1	УК-1-31				
2.19	Расчет эквивалентной схемы ФД. Часть 5 /Пр/	7	1	ОПК-1-31				
2.20	Расчет эквивалентной схемы ФД. Часть 6 /Пр/	7	1	ПК-3-У1				
2.21	Расчет эквивалентной схемы ФД. Часть 7 /Пр/	7	1	ОПК-1-31				
2.22	Фотоумножение в полупроводниковых структурах. Часть 2 /Пр/	7	1	УК-1-31 ПК-3-В1	Л1.1			
2.23	Фотоумножение в полупроводниковых структурах. Часть 3 /Пр/	7	1	ОПК-1-У1			КМ1	
2.24	Фотоумножение в полупроводниковых структурах. Часть 4 /Пр/	7	1	ПК-3-31			КМ1	
	Раздел 3. Тонкопленочные фотоприемники							
3.1	Принципы работы фоторезисторов /Лек/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.7Л3.6 Э2 Э4			
3.2	Фотопроводимость в органических полупроводниках. Часть 1 /Лек/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.7Л2.1 Л3.9Л1.1 Э1 Э3			
3.3	Фотопроводимость в органических полупроводниках. Часть 2 /Лек/	7	1	ПК-3-31	Л1.7Л1.1Л3. 13 Э4			
3.4	Получение объемного гетероперехода в тонких пленках /Лаб/	7	1	ПК-3-31	Л1.5 Э4			
3.5	Получение объемного гетероперехода в тонких пленках. Часть 2 /Лаб/	7	1	ПК-3-У1	Л1.5Л1.1 Э3 Э4			
3.6	Оптические явления в аморфных полупроводниках /Ср/	7	5	ПК-3-У1	Л1.5 Э3			
3.7	Мета-структуры полупроводниковых фотопреобразователей. /Ср/	7	4	ПК-3-У1	Л1.5 Э3			
3.8	Металло - органические полупроводники /Ср/	7	5	ПК-3-У1	Л1.5 Э4			
3.9	Оптические свойства галогенидных перовскитов. Часть 1 /Лаб/	7	1	ОПК-1-В1				
3.10	Оптические свойства галогенидных перовскитов. Часть 2 /Лаб/	7	1	ПК-3-В1				
3.11	Оптические свойства галогенидных перовскитов. Часть 3 /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1				
3.12	Оптические свойства галогенидных перовскитов. Часть 4 /Лаб/	7	1	ПК-3-31				
3.13	Оптические свойства галогенидных перовскитов. Часть 5 /Лаб/	7	1	ОПК-1-31				
3.14	Оптические свойства галогенидных перовскитов. Часть 6 /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1				
3.15	Органические фототранзисторы. Часть 1 /Лаб/	7	1	УК-1-В1				

3.16	Органические фототранзисторы. Часть 2 /Лаб/	7	1	ОПК-1-31				
3.17	Получение прозрачных проводящих оксидов. Часть 1 /Лаб/	7	1	ОПК-1-31				
3.18	Получение прозрачных проводящих оксидов. Часть 2 /Лаб/	7	1	УК-1-В1				
3.19	Принципы работы фотопреобразователей на основе галогенидных перовскитов. Часть 1. /Лек/	7	1	УК-1-В1				
3.20	Принципы работы фотопреобразователей на основе галогенидных перовскитов. Часть 2. /Лек/	7	1	ОПК-1-В1				
3.21	Принципы работы фотопреобразователей на основе галогенидных перовскитов. Часть 3. /Лек/	7	1	ПК-3-У1				
3.22	Принципы работы фотопреобразователей на органических полупроводниках. /Лек/	7	1	ОПК-1-31				
3.23	Пигментные оптические ячейки /Лек/	7	1	УК-1-31				
3.24	Пигментные оптические ячейки. Часть 2 /Лек/	7	1	УК-1-В1				
3.25	Пигментные оптические ячейки. Часть 3 /Лек/	7	1	ОПК-1-В1				
	Раздел 4. Нестандартные и нишевые применения фотопремников							
4.1	Солнечные батареи орбитального использования /Лек/	7	1	УК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.6 Л1.7Л2.2Л1. 1 Л3.11 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р2
4.2	Принцип работы антиотражающих покрытий /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.5Л1.1 Э3		КМ1	Р1
4.3	Применение метаповерхностей для солнечных батарей /Ср/	7	7	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.5Л1.1		КМ1	Р2
4.4	Панельные конструкции для орбитального использования солнечных батарей /Ср/	7	7	УК-1-У1	Л1.1 Л1.5 Л3.12		КМ1	Р1
4.5	Температурные эффекты при эксплуатации солнечных батарей /Лаб/	7	1	ОПК-1-В1			КМ1	Р2
4.6	Эксплуатация солнечных батарей при рассеянном свете /Лаб/	7	1	ОПК-1-31			КМ1	Р2
4.7	Каскадные структуры фотопреобразователей и взаимодействие полупроводниковых структур с концентрированным потоком фотонов. /Лек/	7	1	УК-1-У1 УК-1-В1			КМ1	Р1

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	Тестирование с расчетом по курсу	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-1-З1	1) Концепция объемного гетероперехода в органических солнечных элементах. 2) Экситоны в органических солнечных элементах, их диссоциация и встроенное поле в устройстве. 3) Генерация напряжения в открытом контуре в объемном гетеропереходе OPV. 4) Слои переноса дырок и электронов в OPV, их критическая роль в работе устройства. 5) Концепция структуры перовскитного p-i-n прибора. 6) Разница между основными принципами работы в Si ячейке, OPV ячейке и перовскитовой ячейке. 7) Амбиполярный транспорт в перовскитных пленках, подавленная рекомбинация, ловушки в перовскитных пленках. 8) Гистерезис в перовскитных солнечных элементах, роль вакансий. 9) Нестабильность перовскита - коэффициент устойчивости и процессы деградации. 10) Концепция АВХЗ молекулы перовскита, оптоэлектронная настройка с различными стехиометрическими составами. 11) Возможности пассивации поверхности перовскита. 12) Оптимизация роста зерен перовскита при его изготовлении, общие сведения.
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	Контрольная работа 1		Анализ приборных характеристик фотодиодов

P2	Курсовая работа "Расчет основных параметров солнечного элемента"		<p>Часть 1</p> <p>Дано:</p> <p>Данные ВАХ солнечного элемента, снятые при спектре 1.5 AM G, мощности падающего излучения xxx мВт/см². Площадь солнечного элемента.</p> <p>Требуется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Построить ВАХ. 2. Определить основные выходные параметры: $J_{кз}$, $U_{хх}$, ФФ, КПД, R_s, R_{sh}. 3. Описать принцип работы солнечного элемента. 4. Построить эквивалентную цепь солнечного элемента с указанием расчетных сопротивлений. <p>Методические указания</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить различные типы принцип работы солнечного элемента и уравнение фототока. Описывающего ВАХ. 2. Нарисовать эквивалентную схему фотопреобразователя с пояснением назначения ее элементов. 3. На графике выходных характеристик построить линию мощности с указанием точки максимального значения 4. Рассчитать шунтирующее и последовательное сопротивление в окрестностях J_{sc} и $U_{xx} U_2-U_1 / I_1-I_2 = R$, т.е. рассчитать тангенс угла наклона касательной к характеристике на линейных участках. <p>ЧАСТЬ 2</p> <p>Дано: Спектр внешней квантовой эффективности фотопреобразователя, снятый при излучении света спектром (в заметках указано).</p> <p>Рассчитать: ширину запрещенной зоны фотопоглощающего материала и плотность тока короткого замыкания.</p>
----	---	--	--

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

Экзамен по данной дисциплине не предусмотрен

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

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	Туркулец В. И., Удалов Н. П., Тищенко Н. М.	Фотодиоды и фототриоды	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: Государственное энергетическое издательство, 1962

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Соболева Н. А., Берковский А. Г., Чечик Н. О., Елисеев Р. Е., Зернов Д. В.	Фотоэлектронные приборы: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1965
Л1.3	Горелик С. С., Дашевский М. Я.	Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для студ. вузов по напр. 'Материаловедение и технология новых материалов', 'Материаловедение, технологии материалов и покрытий'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2003
Л1.4	Бублик В. Т., Дубровина А. Н.	Методы исследования структуры полупроводников и металлов: учеб. пособие для вузов по спец.- Технология спец. материалов электрон. техники	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1978
Л1.5	Бонч-Бруевич В. Л., Звягин И. П., Карпенко И. В., Мионов А. Г.	Сборник задач по физике полупроводников: учеб. пособие для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1987
Л1.6	Киреев П. С.	Физика полупроводников: учеб. пособие для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1969
Л1.7	Горбачев В. В., Спицына Л. Г.	Физика полупроводников и металлов: учебник для вузов по спец. 'Технология спец. материалов электрон. техники'	Библиотека МИСиС	М.: Metallургия, 1982

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Неменов Л. М., Наследов Д. Н.	Твердые выпрямители и фотоэлементы: монография	Электронная библиотека	Ленинград, Москва: Государственное издательство технико- теоретической литературы, 1933
Л2.2	Кузнецов Г. Д., Сушков В. П., Ованесов А. Е.	Определение параметров гетероструктур, используемых в оптоэлектронике: Лаб. практикум для студ. направления 550700 и спец. 654100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2002
Л2.3	Ковалев А. Н.	Транзисторы на основе полупроводниковых гетероструктур: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Тумерман Л. А.	Фотоэлемент и его применения	Электронная библиотека	Москва, Ленинград: ОНТИ НКТП СССР, 1934
Л3.2	Клементьев С. Д., Карусь А. П.	Фотоэлектроника и ее применение: научно- популярное издание	Электронная библиотека	Москва: Военное издательство Министерства Обороны Союза ССР, 1954
Л3.3	Рывкин С. М., Жданов Г. С.	Фотоэлектрические явления в полупроводниках: монография	Электронная библиотека	Москва: Государственное издательство физико- математической литературы, 1963

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.4	Павлов Л. П.	Методы определения основных параметров полупроводниковых материалов: учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1975
ЛЗ.5	Юрчук С. Ю., Диденко С. И., Кольцов Г. И., Мартынов В. Н.	Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2004
ЛЗ.6	Мартынов В. Н., Спицына Л. Г.	Физика твердого тела: Разд.: Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках: Лаб. практикум для студ. спец. 2001, 2002, 0710 и направл. 5507, 5516, 5531	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
ЛЗ.7	Полистанский Ю. Г., Александрова Е. А.	Физическая химия и технология полупроводниковых материалов и элементов микроэлектроники: Метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию для студ. спец. 0643, 0604	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986
ЛЗ.8	Мартынов В. Н., Кольцов Г. И.	Полупроводниковая оптоэлектроника: Учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направл. 'Электроника и микроэлектроника' и спец. 'Микроэлектроника и полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1999
ЛЗ.9	Спицына Л. Г.	Физика полупроводников и диэлектриков: метод. указания к выполнению дом. заданий и курсовых работ для студ. спец. 20.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1989
ЛЗ.10	Кожитов Л. В., Крапухин В. В., Улыбин В. А.	Технология эпитаксиальных слоев и гетерокомпозиций: Учебно-метод. пособие для студ. спец. 200100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
ЛЗ.11	Ковалев А. Н.	Гетероструктурная нанозлектроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009
ЛЗ.12	Мурашев В. Н., Леготин С. А., Корольченко А. С., Орлова М. Н.	Физика фотопреобразователей: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
ЛЗ.13	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Физика и технология приборов фотоники : солнечная энергетика и нанотехнологии : учеб. пособие / Ю.Н. Пархоменко, А.А. Полисан. - М. : Изд. Дом МИСиС, 2013. - 142 с. - ISBN 978-5-87623-707-1.	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876237071.html
----	--	---

Э2	Физика фотопреобразователей: Курс лекций / В.Н. Мурашев, С.А. Леготин, Корольченко А.С., М.Н. Орлова. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. - 137 с.	https://misis.ru/business/publishing/catalogid/educationalliterature/
Э3	Physics of Solar Cells: From Basic Principles to Advanced Concepts . Wiley Physics of Solar Cells: From Basic Principles to Advanced Concepts, 3rd Edition, Peter Würfel , Uli Würfel ISBN: 978-3-527-41309-6, Jun 2016 288 pages.	https://www.wiley-vch.de/en/areas-interest/natural-sciences/physics-11ph/solid-state-physics-11ph6/physics-of-solar-cells-978-3-527-41312-6
Э4	Solar Cells and Light Management Materials, Strategies and Sustainability 2020, Pages 163-228 https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102762-2.00005-7	https://www.sciencedirect.com/book/9780081027622/solar-cells-and-light-management
Э5	Silicon photomultipliers (SiPM), Photodetectors Materials, Devices and Applications 2016, Pages 255-294 https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-445-1.00008-7	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782424451000087
Э6	Joe C. Campbell, Recent Advances in Avalanche Photodiodes, March 2006 Journal of Lightwave Technology 34(2), DOI: 10.1109/OFC.2006.215989	https://ieeexplore.ieee.org/document/1637020

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	Adobe Connect
П.4	MATCAD
П.5	MATLAB
П.6	Microsoft Excel

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	https://lms.misis.ru - Электронный образовательный ресурс «НИТУ МИСиС» Canvas.
-----	---

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-506	Лаборатория	автоматизированный лабораторный стенд п/п приборов в комплекте (Agilent3420A, Textronix AFG3252, Keithley 2401, Textronix TDS3054C); осциллограф C1-93; измеритель параметров пп Л2-56; вольтметр В7-77; вольтметр GDM-8145; междисциплинарная лабораторная платформа с комплектом ПО NI ELVIS II+ (3 шт.); учебные платы "Цифровые элементы информационно-измерительной техники" (5 шт.); платы по изучению и программированию микроконтроллеров NI Frescale (5шт.); плата "Основы цифровой техники и программирования ПЛИС" (5 шт.); учебный комплекс по технологии изготовления печатных плат; ПК; пакет лицензионных программ MS Office, компьютеры с ПО для проведения лабораторных работ (4 шт.)
К-506	Лаборатория	автоматизированный лабораторный стенд п/п приборов в комплекте (Agilent3420A, Textronix AFG3252, Keithley 2401, Textronix TDS3054C); осциллограф C1-93; измеритель параметров пп Л2-56; вольтметр В7-77; вольтметр GDM-8145; междисциплинарная лабораторная платформа с комплектом ПО NI ELVIS II+ (3 шт.); учебные платы "Цифровые элементы информационно-измерительной техники" (5 шт.); платы по изучению и программированию микроконтроллеров NI Frescale (5шт.); плата "Основы цифровой техники и программирования ПЛИС" (5 шт.); учебный комплекс по технологии изготовления печатных плат; ПК; пакет лицензионных программ MS Office, компьютеры с ПО для проведения лабораторных работ (4 шт.)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом

организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации. Расчетно-графические работы выполняются с помощью компьютерных программ: Microsoft Excel; MathCad, MATLAB, Electronics Workbench (MultiSim); Micro-Cap (microcap).