

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.01.2023 13:07:51

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Приборные структуры на некристаллических материалах

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 2

в том числе:

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*кфмн, Доцент., Кобелева Светлана Петровна*

Рабочая программа

**Приборные структуры на некристаллических материалах**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, 11.04.04-МЭН-22-2.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ШЭ и ФШ**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель – дать представление о современных тенденциях в области физики некристаллических материалов, подготовить выпускников к научно-исследовательской деятельности в области физики, материаловедения и технологии некристаллических материалов для приборов твердотельной электроники.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.2	История и методология науки и техники в области электроники	
2.1.3	Методы характеристики полупроводниковых материалов и структур	
2.1.4	Перспективные технологии и материалы для поиска новых физических эффектов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов	
2.2.2	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства	
2.2.3	Перспективная фотовольтаика	
2.2.4	Проектирование и технология электронной компонентной базы	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Радиационно-технологические процессы в электронике	
2.2.8	Физика СВЧ полупроводниковых приборов	
2.2.9	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A2B6	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-33 Особенности свойств приборов на некристаллических материалах.	
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-32 Современное технологическое оборудование для изготовления микроэлектронных структур.	
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-32 Потребности современной техники в приборах на аморфных полупроводниковых материалах.	
ПК-4-31 Современные базы данных с описанием свойств новых материалов.	
<b>ОПК-1: Сспособен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 Основы зонной теории вещества	
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 Основные технологические приемы изготовления аморфных полупроводников и халькогенидных стекол.	
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-4-У1 Выбирать материалы, в частности халькогенидные стекла и органические полупроводники, для датчиков газов и	

фотоприемных устройств.
<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Анализировать новые направления в области физики твердого тела
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У2 Анализировать параметры технологического процесса создания электронных приборов.
ПК-1-У1 Выбирать технологическое оборудование, способное обеспечить требуемые параметры электронных приборов.
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У2 Анализировать преимущества и недостатки использования некристаллических материалов по сравнению с традиционными кристаллическими, в частности с монокристаллическим кремнием.
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Навыками анализа возможностей новых материалов для использования их в различных классах электронных приборов.
ПК-4-В2 Знаниями по основным параметрам технологических установок для изготовления аморфных полупроводников. в частности гидрогенизированного кремния.
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Методиками измерения параметров некристаллических материалов и электронных приборов на их основе.
<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Навыками расчетов параметров некристаллических материалов
<b>ПК-1: Способность разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В3 Информацией о новейших тенденциях использования двумерных и нульмерных структур для электронных приборов.
ПК-1-В2 Навыками анализа перспективных технологических приемов изготовления полупроводниковых структур

#### 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
	<b>Раздел 1. Технология изготовления некристаллических твердых тел для приборов твердотельной электроники</b>							
1.1	Технологические приемы для создания аморфных, гранулированных сред, нанокмозитов и органических материалов для электроники /Лек/	2	2	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В3 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.Л2.5 Л2.6Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	

	<b>Раздел 2. Физические свойства некристаллических твердых тел</b>							
2.1	Электронная теория для некристаллической среды. Минимальная металлическая проводимость. Локализация Андерсона. Переход металл-диэлектрик. Край подвижности и порог протекания /Лек/	2	2	ПК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
2.2	Теория электронов в некристаллической среде. Прыжковая проводимость /Лек/	2	2	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.3Л3.1		КМ2	
2.3	Особенности зонной структуры аморфного гидrogenизированного кремния. Приборы на основе этого материала. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1		КМ2	
2.4	Органические полупроводники и приборы на их основе /Лек/	2	2	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.5Л3.1		КМ2	
2.5	Расчеты плотности состояний в аморфных материалах /Пр/	2	4	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.6Л3.1		КМ1	Р1
2.6	Температурная зависимость прыжковой проводимости /Пр/	2	6	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.6Л3.1			
2.7	Проводимость в двумерных средах /Пр/	2	4	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.6Л3.1			
2.8	Решение задач, подготовка к контрольной работе /Ср/	2	17	ПК-1-В2 ПК-1-В3 ПК-4-В1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.5Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 3. Классификация некристаллических твердых тел</b>							
3.1	Принципы классификации некристаллических твердых тел. Аморфные ТТ. Гранулированные ТТ. Нанокomпозиты. Органические материалы /Лек/	2	2	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В3 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ2	
	<b>Раздел 4. Оптоэлектронные приборы на некристаллических твердых материалах</b>							
4.1	Приборы на основе халькогенидных стекол /Лек/	2	2	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1		КМ1	
4.2	Гранулированные материалы в микроэлектронике /Лек/	2	1	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1		КМ1	
4.3	Органические светоизлучающие диоды (OLED), жидкие кристаллы в микроэлектронике. /Лек/	2	2	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1		КМ2	

4.4	Квантовый эффект Холла /Пр/	2	4	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.5Л3.1			
4.5	Температурная зависимость проводимости кремний-углеродных нанокмпозитов /Пр/	2	3	ПК-1-В2 ПК-1-В3 ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.6Л3.1 Э1			
4.6	Конструкция OLED и органических солнечных элементов. /Пр/	2	7	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.1 Э4 Э5			
4.7	Параметры солнечных батарей на аморфном кремнии /Пр/	2	6	ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
4.8	Подготовка курсовых работ /Ср/	2	40	ПК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1 Э3			

### 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	Контрольная работа	ОПК-1-В1;ПК-1-В1;ПК-4-31;ПК-4-33;ПК-4-У2;ПК-4-В1	<p>Уметь решать задачи: 1. Механизмы прыжковой проводимости. Рассчитать величину энергии активации прыжковой проводимости на ближайшие центры в компенсированном Ge (степень компенсации <math>K = 0,05</math>). Плотность состояний в зоне, образованной донорными уровнями за счет электрон-электронного взаимодействия, считать постоянной. Размер примесной зоны принять равной удвоенной энергии увеличения энергии электрона на донорной примеси в присутствии отрицательно заряженного акцептора. Концентрация доноров <math>5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}</math>. Предел Иоффе-Регеля УЭМ металлов. Фермиевская скорость электронов в металле <math>v_F = 5 \cdot 10^7 \text{ см/с}</math>, а эффективная масса равна массе свободного электрона. Какова максимально возможная частота упругих столкновений? Что означает это ограничение? Определить максимальное удельное сопротивление материала. 2. При какой температуре энергия активации прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка (закон Мотта) в материале с диэлектрической проницаемостью 10 и эффективной массой электронов <math>0,5m_0</math> равна <math>0,005 \text{ эВ}</math>. Концентрация доноров <math>5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}</math>. Определить параметр <math>T_m</math> в температурной зависимости этого материала. 3. Рассчитать величину энергии активации прыжковой проводимости на ближайшие центры в компенсированном Ge (степень компенсации <math>K = 0,2</math>). Плотность состояний в зоне, образованной донорными уровнями за счет электрон-электронного взаимодействия, считать постоянной. Размер примесной зоны принять равной удвоенной энергии увеличения энергии электрона на донорной примеси в присутствии отрицательно заряженного акцептора. Концентрация доноров <math>5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}</math>. 4. Металл имеет кубическую решётку с параметром <math>a = 4 \text{ \AA}</math>. kF находится в середине зоны Бриллюэна, а эффективная масса равна массе свободного электрона. Какова максимально возможная частота упругих столкновений? Что означает это ограничение? Определить максимальное удельное сопротивление материала.</p> <p>Знать теорию прыжковой проводимости, локализованных и зонных электронных состояний, уметь показать особенности приборов на некристаллических материалах.</p>

КМ2	Экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-В2;ПК-1-В3;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-В2;ПК-1-У2;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Влияние электрон-электронного взаимодействия на энергетический спектр примесей в диэлектриках и полупроводниках. Плотность состояний в примесной зоне. Кулоновская щель. Переход Пайерлса.</li> <li>2. Применение элементов теории перколяции для описания проводимости некристаллических твердых тел.</li> <li>3. Переход Андерсона. Порог подвижности в материалах с большой степенью разупорядочения.</li> <li>4. Аморфный гидрогенизированный кремний. Физические свойства и приборы на его основе.</li> <li>5. Преимущества и недостатки солнечных батарей на аморфном гидрогенизированном кремнии.</li> <li>6. Халькогенидные стекла. Физические свойства и приборы на основе этого класса полупроводников.</li> <li>7. Физические свойства органических полупроводников и приборы на их основе.</li> <li>8. Солнечные батареи на основе органических полупроводников.</li> <li>9. Органические светодиоды. Структура, свойства и перспективы применения.</li> <li>10. Перовскитные солнечные элементы.</li> <li>11. Металлические стекла и приборы на их основе.</li> <li>12. Прозрачные тонкопленочные транзисторы.</li> <li>13. Особенность характеристик полевых транзисторов с графеном в качестве канала.</li> <li>14. Гранулированные материалы. Технология и свойства.</li> </ol>
-----	---------	--	---

**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;ПК-4-31;ПК-4-В1	Расчеты плотности состояний в аморфных материалах.
P2	Практическое занятие 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-4-33	Температурная зависимость прыжковой проводимости.
P3	Практическое занятие 3	ОПК-1-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-В1	Проводимость в двумерных средах.
P4	Практическое занятие 4	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У1;ПК-4-В1	Квантовый эффект Холла
P5	Практическое занятие 5	ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2	Температурная зависимость проводимости кремний-углеродных нанокompозитов
P6	Практическое занятие 6	ОПК-1-31	Конструкция OLED и органических солнечных элементов.
P7	Практическое занятие 7		Параметры солнечных батарей на аморфном кремнии.
P8	Курсовая работа	ОПК-1-В1	Расчет параметров электронных приборов на некристаллических материалах.

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

Уметь решать задачи: 1. Механизмы прыжковой проводимости. Рассчитать величину энергии активации прыжковой проводимости на ближайшие центры в компенсированном Ge (степень компенсации  $K = 0,05$ ). Плотность состояний в зоне, образованной донорными уровнями за счет электрон-электронного взаимодействия, считать постоянной. Размер примесной зоны принять равной удвоенной энергии увеличения энергии электрона на донорной примеси в присутствии отрицательно заряженного акцептора. Концентрация доноров  $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ .

Предел Иоффе-Регеля УЭМ металлов. Фермиевская скорость электронов в металле  $v_F = 5 \cdot 10^7 \text{ см/с}$ , а эффективная масса равна массе свободного электрона. Какова максимально возможная частота упругих столкновений? Что означает это ограничение? Определить максимальное удельное сопротивление материала.

2. При какой температуре энергия активации прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка (закон Мотта) в материале с диэлектрической проницаемостью 10 и эффективной массой электронов  $0,5m_0$  равна  $0,005 \text{ эВ}$ . Концентрация доноров  $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Определить параметр  $T_m$  в температурной зависимости этого материала.

3. Рассчитать величину энергии активации прыжковой проводимости на ближайшие центры в компенсированном Ge (степень компенсации  $K = 0,2$ ). Плотность состояний в зоне, образованной донорными уровнями за счет электрон-электронного взаимодействия, считать постоянной. Размер примесной зоны принять равной удвоенной энергии увеличения энергии электрона на донорной примеси в присутствии отрицательно заряженного акцептора. Концентрация доноров  $5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ .

4. Металл имеет кубическую решётку с параметром  $a = 4 \text{ \AA}$ . kF находится в середине зоны Бриллюэна, а эффективная масса равна массе свободного электрона. Какова максимально возможная частота упругих столкновений? Что означает это ограничение? Определить максимальное удельное сопротивление материала.

Знать теорию прыжковой проводимости, локализованных и зонных электронных состояний, уметь показать особенности приборов на некристаллических материалах.

**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	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: Учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микронэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергоатомиздат, 1985

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Шкловский Б. И., Эфрос А. Л.	Электронные свойства легированных полупроводников: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1979
Л2.2	Полисан А. А., Астахов В. П.	Материалы и элементы электронной техники. Расчет режимов термического окисления и диффузии при формировании легированных слоев: практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Полисан А. А.	Материалы и элементы электронной техники. Тонкопленочные многослойные структуры и солнечные элементы на основе гидрогенизированного аморфного и нанокристаллического кремния: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007
Л2.4	Полисан А. А., Астахов В. П.	Основы радиационных технологий. Расчет режимов ионной имплантации и профиля распределения имплантированных атомов примеси на примере изготовления кремниевых солнечных элементов n <sup>+</sup> -р-р <sup>+</sup> (р <sup>+</sup> -n-n <sup>+</sup> )-типа: метод. указания	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л2.5	Анфимов И. М., Кобелева С. П., Коновалов М. П., др.	Физика твердого тела: сб. задач	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.6	Анфимов И. М., Кобелева С. П., Щемеров И. В.	Физика конденсированного состояния. Электронная структура твердых тел: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Мартынов В. Н., Маняхин Ф. И., Паничкин А. В., Кобелева С. П.	Физика твердого тела: Лаб. практикум для студ. спец. 2001, 2002, 0710 и направл. 5507, 5516, 5531	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Электронный каталог МИСиС	<a href="http://lib.misis.ru/elcat.html">http://lib.misis.ru/elcat.html</a>
Э2	Электронная библиотека МИСиС	<a href="http://lib.misis.ru/elbib.html">http://lib.misis.ru/elbib.html</a>
Э3	ЭБС УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН	<a href="http://lib.misis.ru/ulo.html">http://lib.misis.ru/ulo.html</a>
Э4	ЭБС "ЛАНЬ"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Э5	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	LMS Canvas
П.2	MS Teams
П.3	Microsoft Office

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-507	Лаборатория "Измерения параметров полупроводниковых материалов и наноструктур":	компьютеры со специальным программным обеспечением для расчета релаксации фотопроводимости (3 шт.); компьютер со специальным программным обеспечением для расчета концентрации носителей в соединениях А2В6; осциллограф цифровой АКИП-4116/1; лазер инфракрасный ЛТИ-101 для измерения поглощения света в полупроводниках; прибор для измерения времени жизни неравновесных носителей заряда бесконтактным ВЧ методом, комплект учебной мебели

Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
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, ПКс 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

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. Выполнение домашних заданий проводится с широким использованием компьютерных программ, как для выполнения, так и для оформления работы.

При изучении курса чтение лекций сопровождается компьютерными презентациями с привлечением иллюстративного материала из современных научно-технических публикаций и выступлений на научных конференциях. При проведении практических занятий используются тестовые методы контроля процесса обучения, подготовка и прослушивание докладов студентов по тематике курса. На лабораторных работах решаются задачи, максимально приближенные по постановке к исследовательским и технологическим работам по направлению изучаемого курса.

На практических занятиях и лабораторных работах преподаватель проверяет подготовленные студентами рефераты, расчетно-графические задания и проводит выборочный опрос по освоенным темам на лекциях.

Организация внеаудиторной самостоятельной работы. Самостоятельная работа студентов направлена на поиск и анализ литературных данных для выполнения домашнего задания и подготовки к практическим занятиям, подготовку рефератов и расчетно-графических работ.

Для стимулирования активной самостоятельной работы студентов необходимо выдавать домашние задания, для выполнения которых требуется самостоятельное исследование проблемы по данной теме. Примеры расчетов параметров приборов, квантоворазмерных структур и численных методов решения, которые должны рассматриваться на лекциях и практических занятиях.

Для самостоятельной проработки теоретического материала используются презентации лекций. Консультации должны проводиться в т.ч. с использованием интернет-технологий, Skype.