

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Рябчин Владимир Васильевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 15.02.2023 10:07:37  
Уникальный программный ключ:  
937d0b737ee35db03895d495a275a8aac5224805

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ТИ НИЯУ МИФИ)**

**КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом ТИ НИЯУ МИФИ  
Протокол № 5 от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика полупроводников**

(наименование дисциплины (модуля))

Направление **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**

подготовки \_\_\_\_\_

Профиль подготовки **Технология электронных средств**

Квалификация (степень) выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Семестр	3	Итого
Трудоемкость, кред.	3	3
Общий объем курса, час.	108	108
Лекции, час.	16	16
Практич. занятия, час.	16	16
Лаборат. работы, час.	16	16
В форме практической подготовки, час.	-	-
СРС, час.	24	24
КСР, час.	-	-
Форма контроля – экзамен	36	36

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Физика полупроводников» дает базисную систему знаний по дисциплине и направлена на применение этих знаний для решения различных задач, в том числе связанных с профессиональной деятельностью.

### 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** учебной дисциплины «Физика полупроводников» является освоение студентами совокупности средств и способов деятельности, направленной на получение знаний об основных физических явлениях, происходящих в полупроводниках.

Главной **задачей** дисциплины является формирование у студентов представления о методиках определения параметров движения носителей заряда в полупроводниках и способах рационального выбора электронных приборов применительно к поставленной задаче.

#### Учебные задачи дисциплины:

В процессе изучения дисциплины студенты должны овладеть знаниями:

- о структуре полупроводников и типах проводимости;
- об основных законах: закон бугера-ламберта, распределения носителей в зонах полупроводника, движения носителей заряда в полупроводниках;
- об основных принципах дрейфа носителей в полупроводнике.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Физика полупроводников» изучается студентами второго курса, входит в теоретический блок профессионального модуля раздела Б1, вариативной части учебного плана по направлению подготовки «Конструирование и технология электронных средств» профиля подготовки «Технология электронных средств».

Дисциплина основывается на знании следующих дисциплин: «Физика» и др.

Изучение дисциплины необходимо для дальнейшего изучения таких дисциплин, как «Электроника» и др.

Указанные связи и содержание дисциплины «Физика полупроводников» дают обучающемуся системное представление о комплексе изучаемых дисциплин в соответствии ОС ВО НИЯУ МИФИ, что обеспечивает соответственный теоретический уровень и практическую направленность в системе обучения будущей деятельности бакалавра.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Процесс изучения дисциплины «Физика полупроводников» направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ПК-1	Способен осуществлять постановку и выполнять эксперименты по

	проверке корректности и эффективности работы электронных средств
ПК-5	Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативной документацией, соблюдая требования безопасности и экологичности
ПК-4.1	Способен корректировать схмотехнические описания отдельных блоков электронных устройств

Индикаторами достижения компетенций являются:

Код компетенции	Код индикатора	Индикатор
УК-1	З- УК-1	Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа
	У УК-1	Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников
	В- УК-1	Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
ПК-1	З- ПК-1	Знать: источники информации по функционированию и проектированию электронных средств, методы их исследования
	У- ПК-1	Уметь: систематизировать полученные данные, составлять описание проводимых исследований, подготавливать данные для составления обзоров и отчетов, обосновывать принимаемые проектные решения, выполнять эксперименты по проверке корректности решений
	В- ПК-1	Владеть: навыками построения моделей объектов профессиональной деятельности с использованием инструментальных средств, навыками тестирования, отладки и верификации
ПК-5	З- ПК-5	Знать: отраслевые нормативные требования к разработке технических заданий
	У- ПК-5	Уметь: оформлять технические задания на детали, сборочные единицы и систему в целом
	В- ПК-5	Уметь: оформлять технические задания на детали, сборочные единицы и систему в целом
ПК-4.1	З- ПК-4.1	Знать: стандарты, технические условия и нормативные документы по разработке проектной и технической документации
	У- ПК-4.1	Уметь: соблюдать и обеспечивать особый режим и регламенты работы с конструкторской документацией на предприятиях ЯОК
	В- ПК-4.1	Владеть: способностью интегрировать отдельные схмотехнические решения с учетом основных принципов и методов обеспечения надежности блоков электронных устройств

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Код	Направление/цели	Создание условий, обеспечивающих:	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
B18	Профессиональное воспитание	формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

- выбор способов и методов решения простых задач с использованием стандартных программных средств (самостоятельная работа);
- защита собственных методов решений поставленных проблем на темы, связанные с лекционным материалом дисциплины (лабораторные работы).

Перечисленные мероприятия направлены на:

- формирование навыков решения различных задач с использованием методов дисциплины;
- развитие творческих умений и навыков, формирование творческого профессионально-ориентированного мышления, необходимого для решения нестандартных задач.

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 час.

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в ак. часах				Обязат. текущий контроль успеваемости (форма, неделя)	Аттестация раздела (форма, неделя)	Максимальный балл за раздел
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа			
1	Раздел 1. Энергетические зоны полупроводника.	1-8	8	8	8	12	ЛР1 (6) Дз1 (5) ЛР2 (8)	КИ1(8) все 10	30

2	Раздел 2. Свойства полупроводников	9-16	8	8	8	12	ЛР3 (10) Дз2 (11) ЛР4 (12)	КИ2(16)	30
	Экзамен								40
	ИТОГО		16	16	16	24			100

## НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

### Раздел 1. Энергетические зоны полупроводника.

1. Введение. Структура полупроводников и типы проводимости.  
История исследования полупроводников. Характерные признаки, отличающие полупроводники от металлов и диэлектриков. Место полупроводников среди материалов электронной техники.  
Химические связи в полупроводниках. Кристаллическая решетка. “Свободные” электроны и дырки. Собственные и примесные полупроводники.
2. Зонная теория кристаллических полупроводников.  
Электрон в периодическом поле кристалла. Возникновение энергетических зон. Разрешенные и запрещенные зоны. Зонная структура полупроводников. Зависимость ширины запрещенной зоны от температуры. Зависимость энергии электрона от волнового числа. Движение электронов в кристалле под действием внешних силовых полей. Эффективные массы электронов проводимости и дырок.
3. Энергетические зоны полупроводника.  
Заполнение энергетических зон электронами. Законы распределения носителей в зонах полупроводника. Уровень Ферми. Электрохимический потенциал. Температурный потенциал. Вырожденный и невырожденный полупроводники. Эффективные плотности состояния в зоне проводимости и валентной зоне.
4. Концентрации носителей заряда  
Равновесные концентрации носителей заряда. Концентрация носителей заряда и уровень Ферми в собственном полупроводнике. Распределение электронов между примесными центрами и зонами. Условие электронейтральности. Уровень Ферми и концентрация носителей в примесных полупроводниках, их зависимость от концентрации легирующих атомов и температуры.
5. Электропроводность полупроводников.  
Дрейф носителей в полупроводнике. Уравнение плотности тока. Подвижность носителей. Зависимость подвижности от напряженности электрического поля. Насыщение скорости. Механизмы рассеяния носителей: рассеяние на тепловых колебаниях решетки (фононах), рассеяние на ионизированных и нейтральных примесях. Зависимость подвижности от температуры и концентрации примесных атомов. Зависимость удельной проводимости от температуры.

### Раздел 2 Свойства полупроводников.

6. Рекомбинация носителей.  
Процесс генерации и рекомбинации носителей. Скорость рекомбинации и время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации: межзонная, через локальные уровни (ловушки) и поверхностная. Излучательная и фононная межзонная рекомбинация. Поверхностная рекомбинация.

7. Законы движения носителей заряда в полупроводниках.  
 Диффузия носителей. Диффузионный и дрейфовый токи. Уравнение непрерывности. Соотношения Эйнштейна между коэффициентами диффузии и подвижностями носителей. Уравнение диффузии. Диффузионная длина. Объемные заряды и поля в полупроводниках. Уравнение Пуассона. Диэлектрическая релаксация.
8. Эффект поля  
 Изменение концентрации носителей в приповерхностном слое полупроводника под воздействием электрического поля. Режимы обогащения, обеднения и инверсии типа проводимости. Дебаевская длина экранирования. Поверхностные уровни их влияния на электропроводность.
9. Гальваномагнитные явления.  
 Эффект Холла в полупроводниках. Холловская напряженность электрического поля. Угол Холла. Зависимость коэффициента Холла от концентрации и подвижности носителей. Магниторезистивный эффект. Диск Корбино.
10. Термоэлектрические явления.  
 Явление Зеебека. Термоэлектродвижущая сила в полупроводниках. Дифференциальная термоЭДС. Эффекты Томсона и Пельтье. Связь между коэффициентом Пельтье и дифференциальной термоЭДС. Применение термоэлектрических явлений
11. Оптические свойства полупроводников.  
 Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта. Собственное поглощение. Примесное поглощение. Поглощение носителями заряда. Спектр поглощения полупроводника. Люминисценция. Фоторезистивный эффект. Возникновение ЭДС в однородном полупроводнике при его освещении.

#### Аудиторные занятия и бюджет времени на самостоятельную подготовку студента

Учебная неделя	Наименование раздела, краткое наименование темы	Аудиторные занятия (час.)			Практическая подготовка	Самостоятельная работа
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
1	Структура полупроводников и типы проводимости	2	-	-	-	1
2	Собственные и примесные полупроводники	-	-	2	-	2
3	Зонная теория кристаллических полупроводников	2	-	-	-	1
4	Эффективные массы электронов проводимости и дырок	-	-	2	-	2
5	Энергетические зоны полупроводника	2	-	-	-	1
6	Концентрации носителей заряда	-	4	2	-	2
7	Уровень Ферми	2	-	-	-	1
8	Электропроводность полупроводников	-	4	2	-	2
9	Процесс генерации и	2	-	-	-	1

Учебная неделя	Наименование раздела, краткое наименование темы	Аудиторные занятия (час.)			Практическ ая подготовка	Самостоятель ная работа
	рекомбинации носителей					
10	Излучательная и фоновая межзонная рекомбинация	-	4	2	-	2
11	Диффузия носителей	2	-	-	-	1
12	Объемные заряды и поля в полупроводниках.	-	4	2	-	2
13	Эффект поля	2	-	-	-	1
14	Гальваноманнитные явления	-	-	2	-	2
15	Термоэлектрические явления	2	-	-	-	1
16	Оптические свойства полупроводников	-	-	2	-	2
	<b>Итого</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	<b>24</b>

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении занятий и организации самостоятельной работы студентов используются:

1. Традиционные технологии обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу: (лекция-изложение, лекция-объяснение, практические занятия, лабораторные работы).

Использование традиционных технологий обеспечивает ориентирование студента в потоке информации, связанной с различными подходами к вопросам, рассматриваемым в пределах дисциплины; самоопределение в выборе оптимального пути и способов лично-профессионального развития; систематизацию знаний, полученных студентами в процессе аудиторной и самостоятельной работы. Практические занятия и лабораторные работы обеспечивают развитие и закрепление умений и навыков.

2. Интерактивные технологии обучения, предполагающие организацию обучения как продуктивной творческой деятельности в режиме взаимодействия студентов друг с другом и с преподавателем.

Использование интерактивных образовательных технологий способствует повышению интереса и мотивации учащихся, активизации мыслительной деятельности и творческого потенциала студентов, делает более эффективным усвоение материала, позволяет индивидуализировать обучение и ввести экстренную коррекцию знаний.

### Организация самостоятельной работы студентов

Цель самостоятельной работы: закрепление знаний, полученных на занятиях. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы и интернет-источников для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам. Согласно рабочему плану, самостоятельная работа составляет 24 час.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО, ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Код	Проектируемые результаты освоения дисциплины и индикаторы формирования компетенций			Средства и технологии оценки
	Знать (З)	Уметь (У)	Владеть (В)	
УК-1	З- УК-1	У- УК-1	В- УК-1	ЛР1-ЛР4, ДЗ1-ДЗ2, Экзамен
ПК-1	З- ПК-1	У- ПК-1	В- ПК-1	ЛР1-ЛР4, ДЗ1-ДЗ2, Экзамен
ПК-5	З- ПК-5	У- ПК-5	В- ПК-5	ЛР1-ЛР4, ДЗ1-ДЗ2, Экзамен
ПК-4.1	З- ПК-4.1	У- ПК-4.1	В- ПК-4.1	ЛР1-ЛР4, ДЗ1-ДЗ2, Экзамен

### Шкала оценки за текущую аттестацию

Раздел	Форма текущего контроля	Максимальный балл	Максимальный балл за раздел
<b>Раздел 1. Энергетические зоны полупроводника.</b>			30
Лабораторные работы	ЛР1-2	10	
Домашнее задание	ДЗ1	10	
<b>Раздел 2 Свойства полупроводников</b>			30
Лабораторные работы	ЛР3-4	10	
Домашнее задание	ДЗ2	10	
Итого			60

### Шкала оценки за промежуточную аттестацию (экзамен)

За каждый вопрос (2 вопроса)

Критерии оценивания	Балл
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их понимание, разъяснение особенностей применения теоретических знаний на практике, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя	20
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание, разъяснение особенностей применения теоретических знаний на практике	18
Знание основных понятий и определений, знание специфических для рассматриваемого раздела терминов и их понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике	16
Знание основных понятий и определений, знание специфических для	14

рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике	
Неполное знание основных понятий и определений, специфических для рассматриваемого раздела терминов и их неполное понимание. Не разъяснил особенности применения теоретических знаний на практике	12
ИТОГО максимум	20
ИТОГО минимум	12

### Шкала итоговой оценки за семестр

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 4-балльной шкале	Сумма баллов	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
4 – «хорошо»	85-89	B
	75-84	C
	70-74	D
	65-69	
3 – «удовлетворительно»	60-64	E
	2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Сумма баллов	Оценка ECTS	Уровень приобретенных знаний по дисциплине
90-100	A	«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
85-89	B	«Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
75-84	C	«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
65-74	D	«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
60-64	E	«Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие

Сумма баллов	Оценка ECTS	Уровень приобретенных знаний по дисциплине
		предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
Ниже 60	F	«Неудовлетворительно» - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Контрольные мероприятия, за которые студент получил 0 баллов (неявка в установленный срок), подлежат обязательной пересдаче. Сроки пересдач контрольных мероприятий в течение семестра определяет кафедра.

Студент, пропустивший контрольное мероприятие без уважительной причины или получивший за него неудовлетворительную оценку, после пересдачи контрольного мероприятия получает балл ниже установленного на 25%.

### **Вопросы к экзамену по дисциплине «Физика полупроводников»**

1. Кристаллическая решетка. “Свободные” электроны и дырки. Собственные и примесные полупроводники.
2. Электрон в периодическом поле кристалла. Возникновение энергетических зон. Разрешенные и запрещенные зоны.
3. Зонная структура полупроводников. Зависимость ширины запрещенной зоны от температуры.
4. Движение электронов в кристалле под действием внешних силовых полей. Эффективные массы электронов проводимости и дырок.
5. Заполнение энергетических зон электронами. Законы распределения носителей в зонах полупроводника. Уровень Ферми.
6. Эффективные плотности состояния в зоне проводимости и валентной зоне.
7. Равновесные концентрации носителей заряда.
8. Концентрация носителей заряда и уровень Ферми в собственном полупроводнике.
9. Условие электронейтральности.
10. Уровень Ферми и концентрация носителей в примесных полупроводниках, их зависимость от концентрации легирующих атомов и температуры.
11. Дрейф носителей в полупроводнике. Уравнение плотности тока. Подвижность носителей.
12. Зависимость подвижности от напряженности электрического поля. Насыщение скорости.
13. Механизмы рассеяния носителей: рассеяние на тепловых колебаниях решетки (фононах), рассеяние на ионизированных и нейтральных примесях.
14. Зависимость подвижности от температуры и концентрации примесных атомов.
15. Зависимость удельной проводимости от температуры.
16. Скорость рекомбинации и время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации: межзонная, через локальные уровни (ловушки) и поверхностная.
17. Диффузия носителей. Диффузионный и дрейфовый токи.
18. Соотношения Эйнштейна между коэффициентами диффузии и подвижностями носителей.
19. Уравнение диффузии. Диффузионная длина.
20. Объемные заряды и поля в полупроводниках.

21. Изменение концентрации носителей в приповерхностном слое полупроводника под воздействием электрического поля.
22. Режимы обогащения, обеднения и инверсии типа проводимости. Дебаевская длина экранирования.
23. Поверхностные уровни и их влияния на электропроводность.
24. Эффект Холла в полупроводниках. Холловская напряженность электрического поля. Угол Холла.
25. Зависимость коэффициента Холла от концентрации и подвижности носителей.
26. Магниторезистивный эффект. Диск Корбино.
27. Явление Зеебека. Термоэлектродвижущая сила в полупроводниках. Дифференциальная термоЭДС.
28. Эффекты Томсона и Пельтье.
29. Поглощение света. Закон Бугера - Ламберта. Внутренний фотоэффект. Собственное поглощение. Фоторезистивный эффект.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Дикарева, Р. П. Физика твердого тела и полупроводников. Исследование температурной зависимости энергии Ферми методом термоЭДС : учебно-методическое пособие / Р. П. Дикарева, С. П. Хабаров. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 20 с. — ISBN 978-5-7782-1666-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45185.html>.

2. Мамыкин, А. И. Контактные явления в полупроводниках. Часть 2 : учебно-методическое пособие по курсу «Физические основы электроники» / А. И. Мамыкин, А. А. Рассадина. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2014. — 38 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/67224.html>

### **Дополнительная литература**

1. Величко, А. А. Определение толщины эпитаксиальных слоев и ширины запрещенной зоны полупроводников методом ИК Фурье-спектрометрии : учебно-методическое пособие / А. А. Величко, Б. Б. Кольцов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 28 с. — ISBN 978-5-7782-1924-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45125.html>.

### **Программное обеспечение: -**

#### **LMS и Интернет-ресурсы:**

1. Образовательный портал НИЯУ МИФИ . URL: <https://online.mephi.ru/>
2. Центр информационно-библиотечного обеспечения учебно-научной деятельности НИЯУ МИФИ URL: <http://library.mephi.ru/>.
3. Электронная информационно-образовательная среда ТИ НИЯУ МИФИ URL: <http://stud.mephi3.ru/>.
4. Электронно-библиотечная система URL: IPRbooks <https://www.iprbookshop.ru/>.

5. Курсы ведущих вузов России платформы Открытое образование <https://openedu.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы:

проектор Nec + экран (настенный), компьютер: процессор IntelPentium 4; оперативная память 4GBDDR3; монитор ЖК Benq 19,5", клавиатура, мышь, Adobe Reader

Лабораторные занятия:

специализированная лаборатория 203а.

Каждый студент имеет свой логин и пароль для входа в Электронную информационно-образовательную среду ТИ НИЯУ МИФИ ( <http://stud.mephi3.ru/>)

Каждый студент имеет доступ к электронно-библиотечной системе IPRbooks.

---

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств.

**Автор:** ст. преподаватель кафедры Общей физики М.Ф.Соколов