


Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от « 24 » мая 2023 г., протокол № 10

Председатель \_\_\_\_\_ /В.В. Рыбин/  
(подпись)  
« 24 » мая 2023 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина:	<b>Профессиональный электив «Материаловедение в микроэлектронике»</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий (ИФФВТ)</b>
Кафедра	<b>Кафедра Физического материаловедения (ФМ)</b>
Курс	<b>3</b>

Направление (специальность): **28.03.02 «Наноинженерия»**  
*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность  
(профиль/специализация) **Нанотехнологии и наноматериалы**  
*полное наименование*


Форма обучения **очная**  
*очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)*


Дата введения в учебный процесс УлГУ: «01» сентября 2023 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Махмуд-Ахунов М.Ю.	ФМ	Доцент, к.ф.-м.н.

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
<b>Заведующий кафедрой ФМ, реализующей дисциплину</b>
 _____ /В.Н. Голованов/ (подпись) (ФИО)
«19» мая 2023 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

### ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ


в рабочую программу дисциплины **Профессиональный электив «Материаловедение в микрэлектронике»**

Направление (специальность): **28.03.02 «Наноинженерия»**

Направленность (профиль/специализация) **Нанотехнологии и наноматериалы**

Форма обучения: **очная**

№ п/п	Содержание изменения или ссылка на прилагаемый текст изменения	ФИО заведующего кафедрой, реализующей дисциплину/ выпускающей кафедрой	Подпись	Дата

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины:

- формирование у студентов систематизированных знаний и практических навыков в области физических и физико-химических процессов, лежащих в основе современных технологий, применяемых в тонкопленочном и оптоэлектронном производстве, в производстве дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС), в других современных областях науки и техники
- формирование у студентов навыков проведения учебных и научных экспериментов;
- формирование комплексных профессиональных и общекультурных компетенций в сфере профессиональной и научно-исследовательской деятельности.

### Задачи освоения дисциплины:

- формирование у студентов теоретических и практических знаний, умений и навыков, необходимых при разработке, исследовании и анализе различных физических и физико-химических процессов.
- формирование у студентов определенных навыков экспериментальной работы;
- освоение методов научных исследований.


## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**Профессиональный электив «Материаловедение в микроэлектронике»** относится в вариативной части Блока 1 цикла подготовки бакалавров по направлению **28.03.02. «Наноинженерия»**, в котором изучаются физические и физико-химические процессы, лежащие в основе современных тонкопленочных, оптоэлектронных дискретных и интегральных полупроводниковых технологий.

В разделе изучаются различные способы роста и легирования монокристаллов, радиальные и осевые законы распределения примесей, способы получения однородных и бесдислокационных монокристаллов, контроль параметров монокристаллов, способы получения подложек из монокристаллов и физикохимические способы их обработки, окисление пластин и диффузионные процессы в них, способы формирования рп–переходов..


Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплины ПЭ **Материаловедение полупроводников и диэлектриков**.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для освоения дисциплины ПЭ **Физические основы технологии полупроводниковых приборов государственной итоговой аттестации**.

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
<p>ПК-6 Проектирование приборов и устройств микроэлектроники и управление их параметрами на основе физико-химических свойства применяемых материалов</p>	<p>Знать: Основные подходы по математической обработке данных; основные методы роста объёмных монокристаллов; теорию и практику диффузионных процессов и контролируемых методов создания рп-переходов. теорию и технологию роста диэлектрических плёнок на полупроводниковых структурах; технологические этапы изготовления и подготовки полупроводниковых подложек; Теорию и практику нанесения тонких металлических плёнок</p> <p>Уметь: пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации; планировать и осуществлять учебный и научный эксперимент, организовывать экспериментальную и исследовательскую деятельность; оценивать результаты эксперимента; Определять глубину залегания рп-перехода; Определять ориентацию полупроводниковых монокристаллических пластин по базовым срезам. Определять ориентацию полупроводниковых монокристаллических пластин по дефектам упаковки; Определять толщины диэлектрических плёнок</p> <p>Владеть: практическими навыками решения задач по основным разделам физического материаловедения, опытом проведения физического эксперимента; Навыками проведения простейшего моделирования диффузионных процессов; навыками физико-химической способов выявления дефектов монокристаллических полупроводниковых пластин Навыками проведения расчета по определению толщины эпитаксиальных плёнок разрушающими методами; практическими навыками термического окисления полупроводников Практическими навыками подготовки подложки и процесса нанесения металлических плёнок термовакuumным испарением.</p>

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ


4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 3 ЗЕ.

4.2. По видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – очная)		
	Всего по плану	в т.ч. по семестрам	
		1-5	6
Контактная работа обучающихся с преподавателем	34/34	-	34/34
Аудиторные занятия:			
• лекции	17/17	-	17/17
• практические и семинарские занятия	-	-	-
• лабораторные работы (лабораторный практикум)	17/17	-	17/17
Самостоятельная работа	74/74	-	74/74
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Устный опрос, тестирование, решение задач	-	Устный опрос, тестирование, решение задач
Курсовая работа	-	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	зачет	-	зачет
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>108/108</b>	<b>-</b>	<b>108/108</b>

4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			в т.ч. занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторные работы			
1. Введение.	8	2	-	-	1	6	Устный опрос, тестирование, решение задач
2. Рост кристаллов и подготовка подложек.	20	6	-	4	5	10	Устный опрос, тестирование, решение задач

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

3. Диэлектрические пленки. Термическое окисление кремния.	33	10	–	4	7	19	Устный опрос, тестирование, решение задач
4. Введение примесей и диффузия.	33	10	–	4	7	19	Устный опрос, тестирование, решение задач
5. Физические основы формирования тонких поликристаллических пленок.	14	4	–	4	4	6	Устный опрос, тестирование, решение задач
<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>17</b>	<b>–</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>74</b>	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

### Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Тема 1. Перспективы развития современного физического материаловедения макро- и микротехнологий.

Тема 2. Аморфные, жидкие и кристаллические состояния тел.

### Раздел 2. РОСТ КРИСТАЛЛОВ И ПОДГОТОВКА ПОДЛОЖЕК

Тема 1. Методы получения монокристаллов. Выращивание кристаллов из водных растворов и расплавов. Роль диффузионных процессов при направленной кристаллизации. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения. Распределение примеси в кристаллах при направленной кристаллизации и зонной плавке.

Тема 2. Рентгеновский и оптический методы кристаллографической ориентации. Основные и дополнительные базовые срезы полупроводниковых материалов.


Тема 3. Подложки для полупроводниковых и оптоэлектронных приборов и ИМС. Технология их обработки: шлифовка, полировка, химическое травление. Газовое и ионно-плазменное травление.

### Раздел 3. ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ. ТЕРМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ КРЕМНИЯ

Тема 1. Способы формирования диэлектрических слоев. Механизмы кинетика термического окисления. Окисление в сухом и ном кислороде. Влияние ориентации на скорость окисления.

Тема 2. Точечные дефекты в Si и SiO<sub>2</sub>, генерируемые процессом окисления. Перенос заряженных частиц окислителя. Окисление при высоком давлении.

Тема 3. Свойства окисных пленок: маскирующие и защитные свойства. Заряд в окисле. Напряжения в окисле. Практическая реализация процесса окисления. Другие диэлектрические пленки.

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

## **Раздел 4. ВВЕДЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ И ДИФФУЗИЯ**

Тема 1. Общие представления о диффузионных процессах. Модели диффузии в твердом теле: краудсионный, эстафетный, межузельный и вакансионный механизмы. Самодиффузия. Законы. Фика.

Тема 2. Постоянные коэффициенты диффузии: диффузия из бесконечного и ограниченного источника. Перераспределение в диффузионных слоях: глубина распространения диффузионной зоны. Критерий бесконечной протяженности пластины. Методы создания рп-переходов и оценка глубины их залегания при однократной и многократной диффузии (термоциклической обработке, окислении, эпитаксии).

Тема 3. Концентрационно-зависимые коэффициенты диффузии. Влияние электрического поля на транспортные процессы. Диффузия в поле напряжений. Ускоренная диффузия: диффузия по границам зерен и вдоль дислокаций. Эффект Киркендалла.

Тема 4. Диффузия, сопровождающаяся фазовыми превращениями. Методы измерений коэффициента диффузии и анализ его температурной зависимости. Перспективы развития диффузионных процессов.

## **Раздел 5. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКИХ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК**

Тема 1. Теория гомогенного образования зародышей.

Тема 2. Гетерогенное зародышеобразование.

Тема 3. Влияние технологических параметров на структуру пленок.

Тема 4. Методы нанесения тонких пленок в вакууме.

## **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Данный вид работы не предусмотрен УП.

## **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)**

### **Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ**

Тема 1. Перспективы развития современного физического материаловедения макро- и микротехнологий.

Тема 2. Аморфные, жидкие и кристаллические состояния тел.


**Лабораторная работа №1.** Изготовление и градуировка термопар

**Цель работы:** изучение основных свойств термопар и возможностей их использования при решении различных научных и технологических задач; изготовление и градуировка термопар.

**Результаты лабораторной работы:** построение градуировочной кривой для данной термопар абсолютным методом с помощью системы точек фиксируемых температур, определяемых фазовыми переходами различных веществ; определение типа термопары

### **Раздел 2. РОСТ КРИСТАЛЛОВ И ПОДГОТОВКА ПОДЛОЖЕК**

Тема 1. Методы получения монокристаллов. Выращивание кристаллов из водных растворов и расплавов. Роль диффузионных процессов при направленной кристаллизации. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения. Распределение примеси в кри-

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

сталлах при направленной кристаллизации и зонной плавке.

Тема 2. Рентгеновский и оптический методы кристаллографической ориентации. Основные и дополнительные базовые срезы полупроводниковых материалов.

**Лабораторная работа №2.** Определение индексов кристаллографических плоскостей и направлений по световым фигурам. Определение угла разориентации плоскости роста относительно заданного направления.

**Цель работы:** Освоить методику определения индексов кристаллографических плоскостей и направлений на примере кристаллов с трёх- и четырёхчисловой индексацией. Отработать практические навыки определения основных кристаллографических плоскостей и направлений и углы их разориентации по световым фигурам.

**Результаты лабораторной работы:** освоение методики выявления дислокаций и определения угла разориентации по фигурам травления.

**Лабораторная работа №3.** Кристаллографические дефекты в полупроводниках: дефекты упаковки и дислокации.

**Цель работы:** Познакомится с основными методами определения глубины залегания рп – переходов и толщины эпитаксиальных слоёв, отработать технологию их выявления методом химического окрашивания.

**Результаты лабораторной работы:** освоение методики определения глубины залегания рп-перехода методом косоугольного и шарового шлифа, а также по дефектам упаковки.

#### **Раздел 4. ВВЕДЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ И ДИФФУЗИЯ**

Тема 1. Общие представления о диффузионных процессах. Модели диффузии в твердом теле: краудинный, эстафетный, межузельный и вакансионный механизмы. Самодиффузия. Законы. Фика.

Тема 2. Постоянные коэффициенты диффузии: диффузия из бесконечного и ограниченного источника. Перераспределение в диффузионных слоях: глубина распространения диффузионной зоны. Критерий бесконечной протяженности пластины. Методы создания рп-переходов и оценка глубины их залегания при однократной и многократной диффузии (термоциклической обработке, окислении, эпитаксии).

**Лабораторная работа №4.** Диффузионные процессы. Моделирование процессов диффузии в кремнии.

**Цель работы:** Знакомство с основными положениями теории диффузионных процессов, с методами формирования рп – перехода и контролем параметров диффузионных процессов. Методами машинного моделирования изучить закономерности диффузии атомов легирующей примеси в Si при различных начальных условиях (температуре, времени диффузии) и из различных источников.

**Результаты лабораторной работы:** построение диффузионных профилей в кремнии путем подбора режима легирования – температура, время, концентрация и тип легирующего элемента.


### **8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ**

Данный вид работы не предусмотрен УП.


### **9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ**

1. В чем отличие аморфного состояния вещества от кристаллического?
2. Типы кристаллических решеток, сингонии.




Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

3. Понятие элементарной ячейки, решетки Бравэ.
4. Индицирование направлений и плоскостей в кристалле.
5. В чем отличие тигельного и безтигельного метода выращивания монокристаллов?
6. Какова причина большего сопротивления монокристаллов кремния, выращенных по методу зонной плавки, в сравнении с методом Чохральского?
7. В чем суть рентгеновского метода определения угла разориентации монокристаллов? Выведите соотношение для искомого угла.
8. В чем суть оптического метода определения угла разориентации монокристаллов?
9. Перечислите основные методы разделения монокристаллов на пластины. Опишите особенности, преимущества и недостатки.
10. Поясните основные механизмы термического окисления кремния: кинетический и диффузионный. Выведите аналитические соотношения, связывающие время окисления и толщину оксидной пленки.
11. Перечислите основные дефекты, возникающие в процессе окисления кремния.
12. Как влияет оксидная пленка на электрические свойства кремниевой подложки? Перечислите и опишите возможные механизмы возникновения заряда в окисле и кремнии.
13. Перечислите и опишите основные механизмы диффузии в твердых телах.
14. Поясните физический смысл первого закона Фика.
15. Выведите второй закон Фика. Поясните физический смысл.
16. Изобразите диффузионный профиль при диффузии из постоянного и переменного источника. Обоснуйте характер профилей.
17. Дайте определение понятию многофазной диффузии. Какая связь концентрационных профилей с диаграммами фазового превращения?
18. В чем отличие гомогенного от гетерогенного зародышеобразования? Поясните ответ теоретическими выкладками.
19. Опишите особенности термовакуумного напыления тонких пленок. Приведи примеры используемых испарителей.
20. В чем суть ионно-плазменных методов нанесения тонких пленок? Опишите основные типы и выделите преимущества и недостатки.
21. Опишите получение тонких пленок методом лазерной абляции.
22. Аморфные и кристаллические тела. Типы кристаллических структур (сингоний). Кристаллографические индексы плоскостей и направлений. Трёхчисловая и четырёхчисловая индексация плоскостей и направлений.
23. Основные способы выращивания монокристаллов. Направленная кристаллизация и зонная плавка. Распределение примеси в кристаллах при нормальной кристаллизации и зонной плавке. Способы выравнивания концентрации легирующей примеси в монокристаллах.
24. Равновесные и эффективные коэффициенты распределения примесей при кристаллизации. Уравнение Бартона–Прима–Слихтера.
25. Распределение примеси в диффузионном слое расплава при выращивании легированных монокристаллов. Концентрационное переохлаждение расплава в процессе роста сильно легированных полупроводников. Способы его устранения.
26. Контроль параметров выращенных полупроводниковых монокристаллов. Четырёхзондовый метод определения радиального и осевого распределения примесей по удельному сопротивлению. Таблицы (графические зависимости) Ирвина. Рентгеновский и оптический методы определения ориентации монокристаллических слитков.
27. Методы нарезки пластин из монокристаллических слитков: медно-алмазные диски с внутренней и внешней режущей кромкой, полотна, струны. Области применимости режущих материалов.
28. Технология обработки пластин. Основные и дополнительные базовые срезы. Шли-

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

- фовка, химическое травление, полировка (механическая, химическая, химико-механическая). Газовое и ионно-плазменное травление.
29. Роль пассивирующего окисла в технологии изготовления дискретных полупроводниковых приборов и интегральных схем. Функциональное предназначение окисла в работе дискретных и интегральных полупроводниковых приборов.
  30. Кинетика высокотемпературного окисления кремния. Диффузионный и кинетический (химический, поверхностный) контроль.
  31. Точечные дефекты в Si и SiO<sub>2</sub>, генерируемые процессом окисления.
  32. Роль термических напряжений на границе Si–SiO<sub>2</sub> в генерации поверхностных дефектов в кремнии.
  33. Подвижные и неподвижные заряды в окисле. Влияние заряженных частиц окислителя на кинетику начального роста окисла на кремнии.
  34. Окисление при высоком давлении. Преимущества и недостатки окисления под высоким давлением.
  35. Влияние примесей на скорость окисления кремния: примесь кремния, примесь диоксидной плёнки и примесь газовой фазы.
  36. Основные виды пассивирующих плёнок, используемых в технологической и приборной практике: оксид кремния SiO<sub>2</sub>, нитрид кремния Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, оксинитрид кремния Si<sub>3</sub>O<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Их маскирующие (пассивирующие) и диэлектрические свойства.
  37. Понятие межслойной и межкомпонентной изоляции.
  38. Понятие диффузии. Роль диффузионных процессов в технологической практике.
  39. Отличительные особенности диффузии в газовой, жидкой и твёрдой фазах.
  40. Роль пустот в диффузионном перемещении атомов. Вакансии, тетраэдрические и октаэдрические пустоты в кристаллах. Степень заполняемости пространства кристаллической решётки атомами.
  41. Механизмы диффузии в твёрдом теле: кольцевой (обменный), междоузельный, краудсионный и вакансионный механизмы.
  42. Понятие самодиффузии. Связь коэффициентов диффузии атомов с коэффициентом диффузии вакансий. Температурная зависимость коэффициента диффузии (уравнение Аррениуса). Кажущиеся и истинная энергия активации процесса диффузии.
  43. Уравнения диффузии. Первый и второй законы Фика.
  44. Диффузия из постоянного и переменного источника. Характер поверхностного изменения концентрации примесного вещества в процессе диффузионного отжига. Понятие протяжённости диффузионной зоны.
  45. Методы определения глубины залегания рп–переходов при циклических отжигах.
  46. Концентрационная зависимость коэффициента диффузии D. Решение уравнения для переменного D (уравнение Матано-Больцмана).
  47. Оценка параметров диффузионного отжига (толщины образца, протяжённости диффузионной зоны, температуры и длительности изотермического отжига) при планировании эксперимента. Понятие бесконечной протяжённости образца.
  48. Экспериментальные методы определения D при диффузии из постоянного и переменного источника (постоянное D при фиксированной температуре).
  49. Экспериментальные методы определения D при концентрационной зависимости коэффициента диффузии.
  50. Встречная (взаимная) диффузия компонентов в поле градиента концентраций. Эффект Киркендала и Смигелькаса. Теоретический анализ Даркена.
  51. Диффузия, сопровождаемая фазовыми превращениями. Концентрационные профили при взаимной диффузии, когда компоненты характеризуются неограниченной или ограниченной растворимостью, или образуют промежуточные фазы (химические соединения).


Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

52. Дефекты кристалла и диффузионная проницаемость. Понятие критического радиуса пор, не оказывающего влияния на диффузионную проницаемость.
53. Влияние электрического поля на диффузионные процессы в кристаллах.
54. Радиационно-стимулированная диффузия.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Форма обучения **очная**

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.)	Объем в часах	Форма кон- троля (проверка решения за- дач, рефера- та и др.)
<b>Раздел 1.</b> Введение	Проработка учебного материала.	6	Устный опрос, тестирование, решение задач
<b>Раздел 2.</b> Рост кристаллов и подготовка подложек	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	10	Устный опрос, тестирование, решение задач
<b>Раздел 3.</b> Диэлектриче- ские пленки. Термическое окисление кремния.	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	16	Устный опрос, тестирование, решение задач
<b>Раздел 4.</b> Введение при- месей и диффузия	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	19	Устный опрос, тестирование, решение задач
<b>Раздел 5.</b> Физические ос- новы формирования тон- ких поликристаллических пленок.	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	6	Устный опрос, тестирование, решение задач

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### Основная:

1. Орлов А. М. Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : учеб. пособие / А.М. Орлов, Б. М. Костишко, А. А. Скворцов; УлГУ. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ульяновск : УлГУ, 2015. - 423 с.
2. Таиров Ю. М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: учебник для вузов по спец. "Физика и технология материалов...", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / Ю.М.Таиров, В. Ф. Цветков. - Москва : Высшая школа, 1990. - 423 с.
3. Дроздов, В. Г. Электроматериаловедение : учебное пособие / В. Г. Дроздов. — Кострома : КГУ им. Н.А. Некрасова, 2020. — 70 с. — ISBN 978-5-8285-1092-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160078>

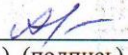
#### Дополнительная:


1. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы : учебник для вузов / Ю.В. Гуляев [и др.]; под редакцией Ю. В. Гуляева. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 460 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03170-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512259>
2. Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Методические указания к практическим занятиям : методические указания / Л. Н. Орликов. — Москва : ТУСУР, 2012. — 31 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/10900>
3. Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие / Л. Н. Орликов. — Москва : ТУСУР, [б. г.]. — Часть 1 — 2012. — 98 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4932>
4. Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие / Л. Н. Орликов. — Москва : ТУСУР, [б. г.]. — Часть 2 — 2012. — 100 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4931>

#### Учебно-методическая:

1. Махмуд-Ахунов М. Ю. Методические указания для самостоятельной работы студентов по профессиональному элективу «Материаловедение в микроэлектронике» для студентов бакалавриата всех форм обучения / М. Ю. Махмуд-Ахунов, А. А. Соловьев, В. В. Рыбин; Ульян. гос. ун-т, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2022. - 18 с. - Неопубликованный ресурс. - URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/14069>

Согласовано:

Ведущий специалист ООП / Чамеева А.Ф. /  / \_\_\_\_\_ 2023  
(Должность работника научной библиотеки) (ФИО) (подпись) (дата)

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

## б) Программное обеспечение

1. ОС Microsoft Windows
2. Microsoft OfficeStd 2016 RUS
3. «МойОфис Стандартный»

## в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

### 1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.


**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон.дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2023].

### 3. Базы данных периодических изданий:

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»:** электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL:<https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст :

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

электронный.

5. Российское образование: федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. **Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

Инженер ведущий / Щуренко Ю.В. /  / \_\_\_\_\_  
Должность сотрудника УИПТ ФИО подпись дата

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащённости образовательного процесса, размещёнными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации».


Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

1. Микроинтерферометр МИИ-4.
2. Вакуумный универсальный пост ВУП-5.
3. Муфельная электропечь SNOL-8.2/1100
4. Микроскоп оптический МБС-10.
5. Набор термодпар, образцов металлов (олово, свинец), монокристаллических полупроводников.
6. Милливольтметр
7. Персональный компьютер

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

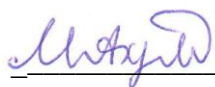
– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

Министерство образования и науки Российской Федерации Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа по дисциплине		

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

Разработчик



подпись

доцент, Махмуд-Ахунов Марат Юсупович

должность, ФИО