


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



УТВЕРЖДЕНО
 решением Ученого совета ИФФВТ
 от 17 мая 2022 г. протокол №10/18-05-22
 Председатель _____ (Рыбин В.В.)

(подпись, расшифровка подписи)

« 17 » мая 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

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

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 2022 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.

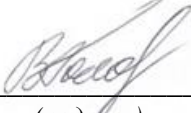
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № _____ от _____ 20__ г.


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.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой ФМ, реализующей дисциплину
 _____ /В.Н. Голованов/ (подпись) (ФИО)
«15» апреля 2022 г.

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
Всего часов по дисциплине	108/108	-	108/108

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
ИТОГО:	108	17	–	17	17	74	

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 SiO₂, 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 косого 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 SiO₂, генерируемые процессом окисления.
 32. Роль термических напряжений на границе Si–SiO₂ 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 SiO₂, нитрид кремния Si₃N₄, оксинитрид кремния Si_xO_yN_z, Al₂O₃. 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), междуузельный, 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.)
Раздел 1. Введение	Проработка учебного материала.	6	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 2. Рост кристаллов и подготовка подложек	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	10	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 3. Диэлектриче- ские пленки. Термическое окисление кремния.	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	16	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 4. Введение при- месей и диффузия	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена	19	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 5. 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>

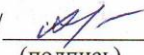
Дополнительная:


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, 2022. — 460 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03170-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490268>
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 НБ УлГУ / Чамеева А.Ф. /  / _____ 2022
(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

не предусмотрено

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, [2022]. - 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, [2022]. - 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, [2022]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.4. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. - Санкт-Петербург, [2022]. - URL: <https://e.lanbook.com>. - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.5. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - 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, [2022].

3. Базы данных периодических изданий:

3.1. База данных периодических изданий EastView : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2022]. - URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. - Режим доступа : для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. - Москва, [2022]. - URL: <http://elibrary.ru>. - Режим доступа : для авториз. пользователей. - Текст : электронный

3.3. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД Гребенников. - Москва, [2022]. - 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, [2022]. - URL: <https://нэб.рф>. - Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. - Текст : электронный.

5. **SMART Imagebase** : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. - URL: <https://ebco.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. - Режим доступа : для авториз. пользователей. - Изображение : электронные.

6. Федеральные информационно-образовательные порталы:

6.1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : федеральный портал . - URL: <http://window.edu.ru/>. - Текст : электронный.

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


7. Образовательные ресурсы УлГУ:

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

СОГЛАСОВАНО:

зам. нац. улит *Ключкова В.В.* *[Подпись]* 03.06.2022

Должность сотрудника УИТиТ ФИО подпись дата

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

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 оснащенности образовательного процесса, размещенными 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 термопар, образцов металлов (олово, свинец), монокристаллических полупроводников.
6. Милливольтметр
7. Персональный компьютер

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

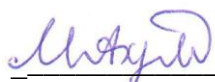
В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– 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;

– 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