


Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета инженерно-физического  
факультета высоких технологий  
от « 18 » мая 2021г., протокол № 10

Председатель \_\_\_\_\_ /В.В. Рыбин/  
(подпись)  
« 18 » мая 2021 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Технологические системы в нанотехнологиях</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b>
Кафедра	<b>Радиофизики и электроники</b>
Курс	<b>4</b>

Направление (специальность): **03.03.03 «Радиофизика»**  
*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность  
(профиль/специализация) **Нанoeлектроника**  
*полное наименование*

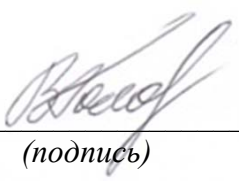
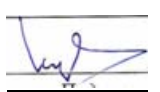
Форма обучения **очная**  
*очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)*


Дата введения в учебный процесс УлГУ: **«01» сентября 2021 г.**

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол №  1  от  29.08  2022   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
Голованов В.Н.	Кафедра физического материаловедения	Зав. каф., д.ф.-м.н., профессор

СОГЛАСОВАНО	СОГЛАСОВАНО
<b>Заведующий кафедрой, реализующей дисциплину</b>	<b>Заведующий выпускающей кафедрой</b>
 _____ /В.Н. Голованов/ (подпись) (ФИО)	 _____ /Гурин Н.Т./ Подпись ФИО « 11 » 05 2021 г.
« 30 » апреля 2021 г.	

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ


**Цели освоения дисциплины:** Формирование у обучающихся знаний о методах и способах, применяемые в нанотехнологиях для получения, диагностики и контроля наноматериалов в технологических процессах.

**Задачи освоения дисциплины:** Получение знаний о классификации основных технологических процессах производства изделий микро и нанoeлектроники и оборудовании. О физических основах технологических процессов производства изделий микро и нанoeлектроники. Об использовании технологических процессов для решения задач нанoинженерии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина является элективной и относится к вариативной части ОПОП в системе подготовки бакалавра по направлению 03.03.03 «Радиофизика». Дисциплина читается в 8-ом семестре 4-ого курса студентам очной формы обучения и базируется на отдельных компонентах компетенций, сформированных у обучающихся в ходе изучения предшествующих учебных дисциплин учебного плана:

- История развития технологий
  - История мировых открытий в области науки и техники
  - Ознакомительная практика
  - Теория колебаний
  - Метрология, стандартизация и сертификация
  - Технологическая (проектно-технологическая) практика
  - Материаловедение наноматериалов и наносистем
  - Нанометрология
  - Радиоэлектроника
  - Испытания изделий
  - Физика конденсированного состояния вещества
  - Физико-химические основы нанотехнологий
  - Методы диагностики в нанотехнологиях
  - Высоковакуумные технологические процессы в нанoинженерии
  - Физика активных элементов
  - Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
  - Микро- и нанoeлектроника
  - Методы и средства измерений и контроля
  - Квантовая электроника
  - Интегральная и волоконная оптика
  - Оптоэлектронные устройства
  - Моделирование микро- и наносистем
  - СВЧ полупроводниковые приборы и методы автоматизированного контроля электропараметров СВЧ-модулей
  - Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем
  - Композиционные материалы. Металломатричные, с полимерной матрицей
- Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

умения, навыки и компетенции:

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:


- знать базовые профессиональные понятия и определения, с которыми он будет сталкиваться в ходе обучения способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, способность использовать компьютер как средство управления информацией;
- способность использовать информационно-коммуникационные технологии, управлять информацией с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности;
- способность использовать инструментальные средства (в том числе, пакеты прикладных программ) для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач, планирования и проведения работ по проекту;
- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования;
- способность применять знание этапов жизненного цикла продукции или услуги.
- способность воспринимать (обобщать) научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при прохождении производственной и преддипломной практик, выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и сдачи государственного экзамена, подготовке и защите выпускной квалификационной работы.

### 3. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-2 Освоение конструктивных особенностей и режимов работы оборудования по производству полупроводниковых наноструктур	<p><b>Знать:</b> физические процессы и явления в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах</p> <p><b>Уметь:</b> проводить теоретический анализ процессов и явлений в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах</p> <p><b>Владеть:</b> методиками расчета параметров и характеристик полупроводников и полупроводниковых наноструктур</p>
ПК-3 Использование методик комплексного анализа структуры и физико-химических свойств полупроводниковых наноструктур	<p><b>Знать:</b> принципы работы современной радиоэлектронной измерительной и испытательной аппаратуры и оборудования для проведения испытаний полупроводниковых наноструктур</p> <p><b>Уметь:</b> проводить испытания полупроводниковых наноструктур с использованием современной техники</p>

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

	электро- и радиоизмерений по существующим методикам  <b>Владеть:</b> приемами и навыками эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования для испытаний полупроводниковых наноструктур
ПК-5 Проведение работ по модификации свойств полупроводниковых наноструктур	<b>Знать:</b> основные технологические этапы серийно изготавливаемых полупроводниковых наноструктур  <b>Уметь:</b> осуществлять контроль параметров серийно изготавливаемых полупроводниковых наноструктур  <b>Владеть:</b> методами модернизации серийно изготавливаемых полупроводниковых наноструктур

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ


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

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 108

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения - очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		8
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	63/63	63/63
Аудиторные занятия:		
• Лекции (в т.ч. 0 ПрП)*	14/14	14/14
• практические и семинарские занятия (в т.ч. 0 ПрП)*	49/49	49/49
• лабораторные работы, практикумы (в т.ч. – ПрП)*	–	–
Самостоятельная работа	45/45	45/45
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	тестирование, устный опрос	тестирование, устный опрос
Курсовая работа		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>
Всего часов по дисциплине	<b>108/108</b>	<b>108/108</b>

\* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения

\*часы ПрП по дисциплине указываются в соответствии с УП, в случае, если дисциплиной предусмотрено выполнение отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

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

Форма обучения – очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>7 семестр</i>							
<b>Тема 1.</b> Введение Технологические особенности и техническая реализация методов получения пленок металлических, полупроводников и диэлектрических	35	4		16	16	15	
<b>Тема 2.</b> Технологические особенности и техническая реализация методов получения металлических пленок	35	4		16	16	15	
<b>Тема 3.</b> Технологические особенности и техническая реализация методов литографии и микрообработки	38	6		17	17	15	
<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>14</b>		<b>49</b>	<b>49</b>	<b>45</b>	<b>-</b>


#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Тема 1. Технологические особенности и техническая реализация методов получения пленок металлических, полупроводников и диэлектрических материалов**

Лекции.

1. Традиционные методы формирования пленок — химическое осаждение из газовой фазы, молекулярно-лучевая эпитаксия
2. Методы, основанные на использовании сканирующих зондов.

**Тема 2. Технологические особенности и техническая реализация методов получе-**

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

**ния металлических пленок.**

Лекции.

3. Термическое осаждение
4. Магнетронное распыление
5. Электрохимическое осаждение

**Тема 3. Технологические особенности и техническая реализация методов литографии и микрообработки.**

Лекции:

6. Фотолитография в ультрафиолетовом диапазоне длин волн
7. Электронно-лучевая литография
8. Нанопечать

**6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Тема 1. Технологические особенности и техническая реализация методов получения**

**пленок полупроводников и диэлектрических материалов.**

- 1 Химическое осаждение из газовой фазы
- 2 Плазмохимическое осаждение
- 3 Молекулярно-лучевая эпитаксия
- 4 Электрохимическое оксидирование металлов и полупроводников
- 5 Атомная инженерия
- 6 Зондовые методы формирования наноструктур

**Тема 2 Технологические особенности и техническая реализация методов получения**

**металлических пленок**

7. Вакуум-термическое осаждение
8. Магнетронное распыление
9. Атомное послойное осаждение
10. Электрохимическое осаждение
- 11, 12 Саморегулирующиеся процессы

**Тема 3 Технологические особенности и техническая реализация методов литографии и микрообработки**


- 13 Фотолитография в ультрафиолетовом диапазоне длин волн
- 14 Электронно-лучевая литография
- 15 Рентгеновская литография
- 16 Зондовая нанолитография

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

Данный вид работы не предусмотрен УП.


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

Данный вид работы не предусмотрен УП.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ


1. В чем суть метода химического осаждения слоев из газовой фазы?
2. В чем различие между процессами, идущими с диффузионным и кинетическим контролем?
3. Что такое гетерогенная химическая реакция? В каком технологическом процессе нанотехнологии ее наличие является необходимым условием его нормального течения?
4. Что характеризуют критерии Фурье, Био, Нуссельта и Шервуда, Пекле, Прандтля и Шмидта, Рейнольдса, Грасгоффа?
5. Что такое динамический пограничный слой и чем он обусловлен?
6. Что такое диффузионный пограничный слой и чем он обусловлен?
7. Какой из методов эпитаксии обеспечивает наиболее совершенную структуру растущей пленки?
8. В чем суть метода вакуум-термического нанесения тонких пленок?
9. В чем особенность и реализация метода магнетронного распыления?
10. Что такое фотолитография? Перечислите основные этапы создания рисунка на поверхности пластины с помощью фотолитографии.
11. Какие источники экстремального УФ применяют в фотолитографии?
12. Какие существуют основные методы улучшения разрешения проекционной фотолитографии?
13. В чем заключается электронно-лучевая литография и её основной недостаток для широкого промышленного применения?
14. Что такое наноимпринт-литография? Приведите примеры различной реализации наноимпринт-литографии.
15. Из каких этапов состоит процесс травления?
16. Поясните смысл характеристик травления «изотропность» и «селективность».
17. Что такое плазма? Приведите простейший пример реактора для травления с помощью плазмы.
18. Что такое емкостно-связанная плазма? Индуктивно-связанная плазма? ЭЦР-плазма?
19. Поясните механизм возникновения положительного потенциала плазмы.
20. От чего зависит величина напряжения самосмещения в плазме?
21. Чем отличается плазмохимическое и реактивно-ионное травление?
22. В чем суть метода электрохимического осаждения материалов?
23. Какими параметрами процесса электрохимического осаждения определяются свойства сформированных таким образом пленок?
24. Каковы особенности электрохимического осаждения полупроводниковых соединений?
25. Какие подходы используют для формирования наноструктур — нанонитей, нанотрубок и наноточек — электрохимическим осаждением материалов?
26. Каковы основные достоинства и недостатки метода электрохимического осаждения материалов?
27. В чем сущность метода электрохимического оксидирования (анодирования) материалов?
28. Как выглядит анодная поляризационная кривая и каким процессам соответствуют ее основные участки?
29. Какими параметрами процесса электрохимического оксидирования определяются свойства сформированных таким образом оксидных пленок?
30. В каких режимах проводят анодное оксидирование и чем они отличаются?
31. Какова роль электролита в формировании анодных оксидных пленок?
32. В чем состоят основные достоинства и недостатки метода электрохимического оксидирования?

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

рования материалов?

33. Какое явление лежит в основе метода сканирующей туннельной микроскопии?
34. Каковы основные режимы работы сканирующего туннельного микроскопа?
35. Как можно распознать химическую природу атомов под зондом сканирующего туннельного микроскопа?
36. Какое явление лежит в основе метода атомной силовой микроскопии?
37. Как контролируют отклонение консоли с зондом от равновесного положения в атомном силовом микроскопе?
38. Какую напряженность электрического поля и плотность тока можно достичь в зазоре зонд-подложка?
39. Какие группы процессов используют для манипулирования атомами?
40. Как реализуется перенос атомов с использованием полевой диффузии, скольжения, контактного переноса, полевого испарения, электромиграции?
41. Какие основные достоинства и недостатки присущи методам атомной инженерии?
42. Какой механизм окисления металлов и полупроводников реализуется при использовании сканирующих зондов?
43. Каков типичный диапазон толщин оксидных слоев, формируемых зондовыми методами?
44. Каковы основные механизмы, обеспечивающие зондовое локальное химическое осаждение материалов из газовой фазы?
45. Каков типичный диапазон толщин слоев материалов, осаждаемых зондовыми методами?
46. Каковы типичные параметры электронного луча, используемого для электронно-лучевой литографии?
47. Какое разрешение обеспечивает электронно-лучевая литография?
48. Что принципиально ограничивает разрешающую способность электронно-лучевой литографии?
49. Пленки из каких материалов могут быть профилированы с использованием взрывной литографии?
50. Каковы основные достоинства и недостатки электронно-лучевой литографии?
51. Какие основные механизмы модификации резистов используют для нанолитографии сканирующими зондами?
52. Каковы типичные энергии электронов, используемых для зондовой электронно-лучевой литографии?
53. Как осуществляется перьевая нанолитография?
54. Каковы основные достоинства и недостатки зондовых нанолитографических методов?
55. Как осуществляется чернильная печать?
56. Какие материалы используют в качестве резистов для нанолитографии чернильной печатью?
57. Как осуществляется тиснение?
58. Какие материалы используют в качестве резистов для нанолитографии тиснением?
59. Как осуществляется нанопечать с фотополимеризацией мономера?
60. Какое разрешение обеспечивают методы нанопечати?
61. Каковы основные достоинства и недостатки нанопечати?
62. Какой разрешающей способностью характеризуются методы оптической литографии, электронно-лучевой литографии, зондовой нанолитографии, нанопечати, рентгеновской литографии, ионно-лучевой литографии?
63. Охарактеризуйте по производительности возможности методов оптической литографии, электронно-лучевой литографии, зондовой нанолитографии, нанопечати, рентге-



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

нов-

ской литографии, ионно-лучевой литографии?

64. Что такое самосборка и какой движущей силой она обусловлена?

65. Какие химические соединения используют в качестве прикрепляющей группы, промежуточной группы, поверхностной функциональной группы?

66. Какие свойства молекулярных пленок, сформированные самосборкой, делают их привлекательными для нанолитографии?

67. Что такое самоорганизация и какой движущей силой она обусловлена?

68. Как описывается изменение свободной энергии кристаллического зародыша, связанное с увеличением его объема и его поверхности?

69. Каковы основные факторы, влияющие на скорость образования кристаллических зародышей?

70. Как происходят золь-гель-превращения?

71. Какие методы и технологии подходят для формирования нанокристаллитов в объеме материалов?

72. Как происходит рост тонких пленок в режиме Франка—Ван дер Мерве? Волмера—Вебера? Странского—Крастанова?

73. При каких условиях реализуется режим Странского—Крастанова?

74. Каковы критические условия для перехода от двумерного роста сплошной пленки к трехмерному росту островков в режиме Странского—Крастанова?

75. Какие низкоразмерные структуры возможно формировать в режиме Странского—Крастанова?

76. Как описывается формирование островковых структур в режиме Волмера—Вебера?

77. Как наносят пленки Ленгмюра—Блоджетт?

Примерные варианты экзаменационных билетов

Билет № 1

1 Фотолитография как один из основных промышленных методов получения микро- и наноструктур.

2 Химическое осаждение слоев из газовой фазы (ХОГФ).

3 При загонке бора в кремний КЭФ-2 при температуре 1050 °С за время  $t_1=20$  мин создана поверхностная концентрация  $3 \cdot 10^{20}$  см<sup>-3</sup>. Найти глубину залегания p—n-перехода, образованного при последующей разгонке при 1200 °С в течение 1,5 ч.

Билет № 2

1 Жидкостное химическое травление. Этапы процесса травления. Изотропное и анизотропное травление.

2 Плазма. Методы получения плазмы для травления. Возникновения напряжения смещения электрода в плазме.


3 На кремниевой пластине термическим окислением получен слой SiO<sub>2</sub> толщиной 0,2 мкм. Какое дополнительное время потребуется, чтобы получить еще 0,1 мкм SiO<sub>2</sub> в сухом кислороде при 1200 °С?

Билет № 3

1 Требования к пленочным покрытиям и методы осаждения тонких пленок.

2 Методы улучшения разрешения фотолитографии: уменьшение длины волны излучения, иммерсионная литография, коррекция эффекта близости, фазосдвигающие маски, двойное экспонирование.

3 Осаждение диоксида кремния за счет разложения ТЭОС происходит при температуре

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

700 °С со скоростью 9 нм/мин. При добавлении в реакционную смесь фосфорсодержащих легирующих добавок энергия активации реакции разложения ТЭОС уменьшается с 1,9 эВ до 1,4 эВ. Какова при этом скорость роста ФСС?

Билет № 4

- 1 Технология и оборудование магнетронного осаждения.
- 2 Плазмохимическое и реактивно-ионное травление, техническая реализация и их отличия.
- 3 Построить распределение толщины осажденного слоя методом ХОГФ, если пластины диаметром 150 мм расположены на расстоянии 15 мм друг от друга, лимитирующей является гетерогенная стадия, имеет место реакция первого порядка, отношение коэффициента диффузии газа к константе скорости реакции 500

Билет № 5

- 1 Механизм формирования химически активной плазмы.
- 2 Характеристики процессов плазмохимического травления.
- 3 Рассчитать эффективную концентрацию примеси в КДБ-10 на глубине 3 мкм при последовательной диффузии фосфора ( $Q_{(P)}=10^{15} \text{ см}^{-2}$ ,  $T=1100 \text{ °C}$ ,  $t=3 \text{ ч}$ ) и бора ( $Q_{(B)}=5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ,  $T=1150 \text{ °C}$ ,  $t=2 \text{ ч}$ ).

Билет № 6

- 1 Физико-химические основы процесса эпитаксии.
- 2 Принципы изотропного и анизотропного травления.
- 3 Пластины кремния марки КЭФ-5 легируют бором с дозой  $10^{12} \text{ см}^{-2}$  при энергии 100 кэВ. Затем проводят отжиг в течение 2 ч при 1000 °С. Чему равна пиковая концентрация бора после отжига?

Билет № 7


- 1 Особенности технологии и оборудования ПФХО диэлектрических слоев.
- 2 Модель процессов ПФХО с лимитирующей гомогенной стадией.  
Кремниевая пластина окисляется несколько раз в процессе изготовления ИС. Найти результирующую толщину окисла после каждой из следующих операций, проводимых последовательно: а) 60 мин при 1100 °С в сухом  $O_2$  и  $HCl$  (добавляется достаточное количество  $HCl$ , чтобы увеличить скорость окисления на 10 % по сравнению со скоростью окисления в чистом  $O_2$ ); б) 2 ч при 1000 °С в пирогенном водяном паре (при 1 атм).

Билет № 8

- 1 Модель процессов ХОГФ с лимитирующей гетерогенной стадией.
- 2 Системы, используемые для плазменного травления.  
Рассчитать градиент концентрации примеси в р—п-переходе, полученном на глубине 25 мкм путем диффузии фосфора в КДБ-0,4 до поверхностной концентрации  $N_0=3 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$  при 1250 °С.

Билет № 9

- 1 Свойства реагентов, используемых для ХОГФ диэлектрических слоев.
- 2 Особенности процесса испарения в вакууме. Распределение плотности испаряемого компонента по поверхности подложки.
- 3 Канал МОП-транзистора легируют бором до максимальной концентрации  $8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  глубине 0,1 мкм. Найти энергию ионов, дозу легирования и разброс  $\Delta R_p$ .

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Билет № 10

1 Технология и оборудования атомного слоевого осаждения.

2 Технология фотолитографии.

3 Выбрать энергию  $As^+$  и дозу облучения для формирования в n-Si с  $N_{исх}=2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$  сильнолегированного заглубленного слоя n<sup>+</sup>-типа так, чтобы на глубине 0,3 мкм концентрация имплантированной примеси равнялась  $N_{макс}=2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Рассчитать результирующую поверхностную концентрацию примеси

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы	Объем в часах	Форма контроля
Тема 1: Технологические особенности и техническая реализация методов получения пленок металлических, полупроводников и диэлектрических материалов	Проработка материала лекций с использованием рекомендуемой литературы	15	Опрос
Тема 2: Технологические особенности и техническая реализация методов получения металлических пленок	Подготовка к практическим занятиям, выполнение заданий.	15	Подготовка проектных разработок.
Тема 3: Технологические особенности и техническая реализация методов литографии и микрообработки.	Подготовка к лабораторным работам	15	Контрольные вопросы.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ


### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная литература

#### а) Список рекомендуемой литературы

##### основная

1. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 190 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт].

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

2. Костишко Б.М., Орлов А.М., Скворцов А.А. Учебное пособие "Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем". Ульяновск, УлГУ. 2001. 370 с. тираж 200 экз. Гриф УМО по физике.

3. Марголин В.И., Жабреев В.А., Лукьянов Г.Н., Тупик В.А. Введение в нанотехнологию: СПб.: Лань, 2012. 464 с. Учеб. для вузов, 2012

4. Киреев В.Ю., Столяров А.А. Технологии микроэлектроники. Химическое осаждение из газовой фазы. М.: Техносфера, 2006. 192 с. Учеб. пособ., 2006г.

#### дополнительная:

1. Орлов А.М., Скворцов А.А. Учебное пособие "Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем". Разработка, представленная в отраслевой фонд алгоритмов и программ. Номер гос. Регистрации в «Национальном информационном фонде неопубликованных документов» 50200601659 от 18.09.2006 г.

2. Липатов Г.И. Технология материалов и изделий электронной техники. Ч.2. ВГТУ, 2006. 172 с. Учеб. пособие, 2006г.

#### Учебно-методические рекомендации

1. Орлов А.М., Скворцов А.А. Учебное пособие "Физические основы технологии полупроводниковых приборов и интегральных микросхем". Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ульяновск: УлГУ. 2015. 422 с.

2. Голованов В.Н., Костишко Б.М. Учебное пособие «Перспективные конструкционные наноматериалы для энергетики». Ульяновск, УлГУ, 2019. 150 с.

Согласовано:

*И. Библиотечка ООП №1* / *Самоев С.Ф.* / *СМ* /  
 Должность сотрудника научной библиотеки / ФИО / подпись / дата

**б) Программное обеспечение:** МойОфис Стандартный, Офисный пакет LibreOffice 3, Среда моделирования SCILAB

**в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:**

#### 1. Электронно-библиотечные системы:


1.1. IPRbooks: электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2021]. –URL:<http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ :электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательствоЮРАЙТ. – Москва, [2021]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента:электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2021]. –URL:<https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2021]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт /

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

ООО Букап. – Томск, [2021]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. Лань:электронно-библиотечная система : сайт/ ООО ЭБС Лань. –Санкт-Петербург, [2021]. –URL:<https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. **Znanium.com**:электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2021]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. ClinicalCollection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9.Русский язык как иностранный :электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2021]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон.дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2021].

### **3.Базы данных периодических изданий:**

3.1. База данных периодических изданий: электронныежурналы/ ООО ИВИС. - Москва, [2021]. –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, [2021]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электроннаябиблиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2021]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Национальная электронная библиотека**:электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт /Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2021]. –URL:<https://нэб.рф>. – Режим доступа: для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. SMARTImagebase** //EBSCOhost : [портал].– URL: <https://ebsco.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 / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ.– URL:<http://window.edu.ru/> . – Текст : электронный.


6.2. Российское образование :федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

### **7. Образовательные ресурсы УлГУ:**

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

Согласовано:

Зам. начальника / Клочкова А.В. /  /

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Должность сотрудника УИТиТ

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.

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.

## 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:

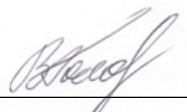
– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– 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;

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/ исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей


Разработчик

  
подпись

Зав. кафедрой ФМ, д.ф.-м.н. В.Н. Голованов

должность ФИО



Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 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. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2022]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2022]. – 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, [2022]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2022]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.8. Clinical Collection : научно-информационная база данных EBSCO // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=9f57a3e1-1191-414b-8763-e97828f9f7e1%40sessionmgr102>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

1.9. База данных «Русский как иностранный» : электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». – Саратов, [2022]. – URL: <https://ros-edu.ru>. – 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.



