

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.08 Методы проектирования микро- и  
наноэлектронных устройств

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль)

27.04.04.05 Киберфизические системы управления производством

Форма обучения

очная

Год набора

2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Доцент, Дрозд О.В

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель преподавания дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Методы проектирования микро- и нанoeлектронных устройств» является знакомство студента с методами конструкторского проектирования и производства электронных устройств с микро- и нанометровыми технологическими процессами. В рамках освоения дисциплины студент получает общее представление об основных технологических процессах формирования полупроводниковых структур, методах расчета топологии пассивных и активных элементов интегральных схем. В рамках освоения дисциплины студент осваивает способы решения практических инженерных задач при разработке элементов интегральных схем с заданными техническими характеристиками и технологическими требованиями к производству.

Дисциплина «Методы проектирования микро- и нанoeлектронных устройств» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока 1 в структуре ООП подготовки магистров по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах», программа 27.04.04.05 «Киберфизические системы управления производством».

### **1.2 Задачи изучения дисциплины**

Основными задачами изучения дисциплины является формирование компетенций, знаний и умений в области проектирования элементов электронных устройств в интегральном исполнении и управления технологическими процессами формирования полупроводниковых структур. Изучение дисциплины способствует развитию у студентов теоретических знаний и практических навыков, позволяющих выпускникам понимать и применять фундаментальные и передовые знания и научные принципы, лежащие в основе методов проектирования и производства микро- и нанoeлектронных устройств.

По окончании изучения дисциплины студент должен быть готов решать следующие профессиональные задачи:

- выполнять анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, связанного с проектированием и производством интегральных схем;
- собирать и анализировать исходные данные, технологические и эксплуатационные требования для проектирования топологии активных и пассивных элементов интегральных схем;
- осуществлять расчет топологии пассивных элементов интегральных схем: резисторов, биполярных и МОП-конденсаторов;
- осуществлять расчет топологии активных элементов интегральных схем: МОП-транзисторов с p- и n-каналом;
- производить оценку основных параметров технологических процессов формирования полупроводниковых структур: ионной имплантации, диффузии примесей, ионно-плазменного напыления и фотолитографических процессов;
- решать задачи автоматизации технологических процессов

формирования полупроводниковых структур;

– готовить данные и составлять рефераты, отчеты, участвовать во внедрении результатов исследований и разработок цифровых и киберфизических систем автоматизации.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-2: Способен применять современный инструментарий проектирования и разработки компонентов АСУП</b>	
ПК-2.1: Обосновывает выбор и применение инструментальных средств проектирования и разработки компонентов автоматизированных систем	принципы функционирования программных средств проектирования топологической структуры и технологических процессов производства микро- и нанoeлектронных устройств управления осуществлять подбор инструментальных средств проектирования и разработки средств обеспечения микро- и нанoeлектронных устройств управления методами проектирования и моделирования структур пассивных и активных элементов интегральных схем, выполненных по микро- и нанометровым технологическим нормам
ПК-2.2: Целенаправленно применяет инструментальные средства проектирования и разработки технического обеспечения автоматизированных систем	методы управления и редактирования слоев топологии интегральных схем: логические операции над слоями топологии, коррекция эффектов близости, оптимизация параметров топологии; выполнять расчет геометрии топологических слоев активных и пассивных элементов интегральных схем программными средствами автоматизированного проектирования топологии интегральных схем
ПК-2.3: Целенаправленно применяет инструментальные средства проектирования и разработки программного обеспечения автоматизированных систем	основные принципы управления процессами формирования полупроводниковых структур методами ионной имплантации, ионно-плазменного напыления диффузии примесей, фотолитографических процессов выполнять общий расчет технологических режимов формирования полупроводниковых структур с заданными характеристиками и типом проводимости программными средствами автоматизированного проектирования технологических процессов и элементов интегральных схем

### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

URL-адрес и название электронного обучающего курса: <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=31699>.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1 (36)</b>	
занятия лекционного типа	0,5 (18)	
практические занятия	0,5 (18)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2 (72)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Контактная работа, ак. час.							
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Общие сведения о материалах полупроводниковой промышленности</b>									
	1. Общие сведения о материалах полупроводниковой промышленности	2	2						
	2. Формирование монокристаллов кремния методом направленной кристаллизации из расплава			3					
	3.							8	8
<b>2. Методы диффузии примесей в полупроводниках</b>									
	1. Методы диффузии примесей в полупроводниках	2	2						
	2. Формирование полупроводниковых структур методом примесной диффузии			3					
	3.							8	8
<b>3. Формирование полупроводниковых структур методом ионной имплантации</b>									
	1. Формирование полупроводниковых структур методом ионной имплантации	2	2						

2. Пассивные элементы интегральных схем: конденсаторы			1,5						
3.							10	10	
<b>4. Формирование полупроводниковых структур методами ионно-плазменного и вакуумно-термического напыления</b>									
1. Формирование полупроводниковых структур методами ионно-плазменного и вакуумно-термического напыления	2	2							
2. Пассивные элементы интегральных схем: конденсаторы			1,5						
3.							10	10	
<b>5. Формирование полупроводниковых структур методом эпитаксиального наращивания</b>									
1. Формирование полупроводниковых структур методом эпитаксиального наращивания	2	2							
2. Пассивные элементы интегральных схем: резисторы			1,5						
3.							8	8	
<b>6. Литографические процессы в технологии полупроводникового производства</b>									
1. Литографические процессы в технологии полупроводникового производства	4	4							
2. Пассивные элементы интегральных схем: резисторы			1,5						
3.							10	10	
<b>7. Полевой транзистор по МОП-технологии как основа современной микроэлектроники</b>									
1. Полевой транзистор по МОП-технологии как основа современной микроэлектроники	2	2							
2. Компактные модели электронных устройств низкой степени интеграции			3						
3.							10	10	
<b>8. Введение в проектирование топологии интегральных схем</b>									

1. Введение в проектирование топологии интегральных схем	2	2						
2. Активные элементы интегральных схем: полевые транзисторы по технологии металл-окисел-полупроводник			3					
3.							8	8
Всего	18	18	18				72	72



## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: учеб. пособие(Москва: Лань).
2. Петров М. Н., Гудков Г. В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учебник(Москва: Лань).
3. Попов В. Д., Белова Г. Ф. Физические основы проектирования кремниевых цифровых интегральных микросхем в монолитном и гибридном исполнении: учеб. пособие(Москва: Лань).
4. Лозовский В. Н., Лозовский С. В. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность: учебное пособие(Санкт-Петербург: Лань).
5. Романовский М. Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства(Москва: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)).
6. Смирнов С. В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем(Москва: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)).
7. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие(Москва: Лань).
8. Марголин В. И., Жабрев В. А., Лукьянов Г. Н., Тупик В. А. Введение в нанотехнологию(Москва: Лань).
9. Черепанов А. К. Микросхемотехника: Учебник(Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М").
10. Кольцов Г. И., Мадоян С. Г., Диденко С. И. Теория и расчет полупроводниковых приборов и интегральных схем: методические указания(Москва: МИСИС).
11. Томилин В. И., Толстихин А. К., Борисенко И. Г. Физико-химические основы технологических процессов: учебное пособие(Красноярск: СФУ).
12. Ковалевская О. В. Нанотехнологии в машиностроении: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 151900.68 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»] (Красноярск: СФУ).
13. Спектор Ю. Е., Еромасов Р. Г. Физико-химические основы получения полупроводниковых материалов: учеб.-метод. пособие для практ. занятий(Красноярск: СФУ).
14. Романовский М. Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем (Москва: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. • Delta Design 2.0;
2. • MathWORKS MatLAB 2008b;
3. • Adobe Acrobat Reader;
4. • Microsoft Office (MS Word, MS Excel, MS PowerPoint) или аналогичное свободно распространяемое программное обеспечение.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. • официальный web-сайт СФУ;
2. • система электронного обучения СФУ;
3. • электронная библиотечная система СФУ;
4. • электронные библиотечные системы: издательство «Лань»;
5. • научная электронная библиотека E-library;
6. • электронные библиотечные системы: Znaniun.com.

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине используются специальные помещения из аудиторного фонда ИКИТ СФУ, представляющие собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типов, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Специальные помещения должны быть укомплектованы вычислительной техникой с установленным набором необходимого технического и программного обеспечения и возможностью выхода в локальную сеть СФУ и сеть «Интернет». Лекционные занятия должны проводиться в специальных помещениях, оборудованных системами прямой/обратной проекции для доведения учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены вычислительной техникой с возможностью подключения к локальной сети СФУ и сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СФУ.