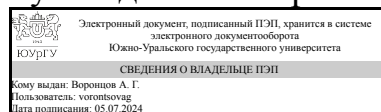


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



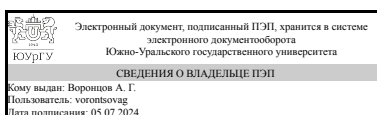
А. Г. Воронцов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.24 Основы технологии электронной компонентной базы  
**для направления** 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
**уровень** Бакалавриат  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Физика наноразмерных систем

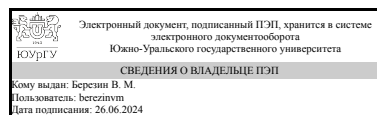
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика,  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., проф., профессор



В. М. Березин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является получение углубленного профессионального образования по технологии электронной компонентной базы, позволяющего выпускнику обладать предметно-специализированными компетенциями, способствующими востребованности на рынке труда, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для адаптации и успешной профессиональной деятельности в области микро- и нанoeлектроники.

## Краткое содержание дисциплины

Технологические процессы создания полупроводниковых приборов и ИС. Материалы полупроводниковой электроники. Общая характеристика процесса создания полупроводниковых приборов и ИС. Особенности электронного производства. Технологические процессы создания полупроводниковых приборов и ИС. Материалы полупроводниковой электроники. Общая характеристика процесса создания полупроводниковых приборов и ИС. Особенности электронного производства. Формирование кремниевых пластин. Эпитаксиальные структуры. Эпитаксиальный рост. Диэлектрические слои. Литографические процессы. Химическое травление кремния. Термическая диффузия. Химическое травление кремния. Полирующее и селективное травление. Ионная имплантация. Металлизация. Назначение. Требования к металлическим пленкам. Алюминиевая металлизация. Достоинства и недостатки. Недостатки термической диффузии. Ионная имплантация. Физические основы процесса. Перспективные технологии микро – и нанoeлектроники. Перспективные технологические методы в производстве ИС. Модульный принцип. Методы технологического контроля. Резервные элементы. Сухие методы обработки в технологии электроники. Методы плазмохимического травления. Ионное травление. Ионно-химическое травление. Газовое травление. Тенденции развития технологических процессов микро - и нанoeлектроники.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	Знает: нормативные требования для технологической документации Умеет: оформлять отчеты на ЭВМ в соответствии с требованием нормативной документации Имеет практический опыт: оформления отчетов на ЭВМ в соответствии с требованием нормативной документации

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
---	---

1.О.19 Схемотехника, 1.О.18 Информатика, 1.О.13 Инженерная и компьютерная графика, 1.О.23 Основы проектирования электронной компонентной базы, Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая) (6 семестр), Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр)	Не предусмотрены
---	------------------

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.23 Основы проектирования электронной компонентной базы	Знает: нормативные требования для конструкторской документации Умеет: оформлять отчеты на ЭВМ в соответствии с требованием нормативной документации Имеет практический опыт: оформления отчетов на ЭВМ в соответствии с требованием нормативной документации
1.О.13 Инженерная и компьютерная графика	Знает: нормативные требования для конструкторской документации; компьютерные пакеты для выполнения конструкторской документации Умеет: выполнять чертежи в соответствии с нормативными требованиями; использовать современные средства выполнения чертежей Имеет практический опыт: выполнения чертежей в соответствии с нормативными требованиями; работы с современными программными средствами подготовки чертежей
1.О.19 Схемотехника	Знает: нормативные требования для конструкторской документации в области схемотехники, основные принципы построения аналоговых и цифровых электронных схем; принципы подключения микросхем к цепям различного функционального назначения Умеет: оформлять схемы, отчеты в соответствии с нормативные требования для конструкторской документации в области схемотехники, разрабатывать электронные схемы, обладающие заданным функционалом Имеет практический опыт: оформления отчетов в соответствии с нормативные требования для конструкторской документации в области схемотехники, сборки и анализа параметров стандартных электронных схем
1.О.18 Информатика	Знает: современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации в требуемом формате , методики поиска, сбора и обработки информации в сети интернет, принципы работы современных пакетов редактирования текста и создания изображений Умеет: решать задачи обработки данных с

	помощью современных ЭВМ, применять методики поиска, сбора и обработки информации, полученной из сети интернет, редактировать текст, создавать рисунки Имеет практический опыт: обработки данных с помощью современных ЭВМ, использования компьютера для поиска и обработки данных, работы в программах редактирования и форматирования текста, создания рисунков
Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр)	Знает: способы использования информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации; Умеет: планировать этапы работы на основе цели и задач исследования, осуществлять поиск информации в сети интернет; использовать современные средства автоматизации для выполнения отчета Имеет практический опыт: составления плана работы и его реализации, написания отчета согласно нормативной документации
Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая) (6 семестр)	Знает: системы стандартизации и сертификации, нормативные требования к конструкторской документации Умеет: находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи; формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение; оформлять документацию согласно принятым стандартам, оформлять отчет согласно требованиям нормативной документации Имеет практический опыт: постановки цели и задач исследования, оформления отчета, согласно нормативным документам, написания отчета согласно требованиям нормативной документации

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	51,5	51,5
Подготовка к докладам	12	12

Подготовка к контрольным работам	15	15
Подготовка к экзамену	24,5	24.5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Роль электроники и нанoeлектроники в современном обществе и экономике. Чистые материалы в электронике.	4	2	2	0
2	Системный подход к электроники и нанoeлектроники. Методы получения монокристаллов.	4	2	2	0
3	Технологические процессы создания полупроводниковых приборов и микросхем.	8	4	4	0
4	Методы осаждения вещества и легирования полупроводников.	12	6	6	0
5	Методы удаления вещества. Травление.	8	4	4	0
6	Литографические процессы	8	4	4	0
7	Перспективные технологии и нанотехнологии в производстве электронной компонентной базы	4	2	2	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол- во часов
1	1	Введение. Роль электроники и нанoeлектроники в современной физике и технике. этапы развития электроники, микроэлектроники и нанoeлектроники, Роль достижений в области электроники в физике и технике. Классы чистоты материалов электроники.	2
2	2	Системный подход к электроники и нанoeлектроники. Современные технологии, используемые при производстве электронной техники. Классификация технологических процессов по физико-химическим основам: механический; термический; корпускулярный; полевой. По виду процесса: нанесение, удаление, модифицирование. По характеру протекания процессов: тотальный, локальный, селективный, анизотропный. По способу активации: тепло, излучение, поле. Получение монокристаллов.	2
3,4	3	Технологические процессы создания полупроводниковых приборов и микросхем. Требования к монокристаллам в электронике. Общая характеристика создания полупроводниковых приборов и микросхем. Требования к технологической гигиене. Кремниевые пластины для электроники. Технология изготовления кремниевых пластин. Анализ полупроводниковых материалов. Кремний как основной материал для электроники. Бинарные соединения.	4
5,6,7	4	Методы осаждения вещества. газofазная эпитаксия. Получение поликристаллического кремния. получение оксида и нитрида кремния. Жидкофазная эпитаксия. Вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Катодное испарение. Ионно-плазменное распыление. Плазmo-химическое осаждение.	6
8,9	5	Методы удаления вещества. Процессы химического травления. Электрохимическое травление. сухое травление.	4
10,11	6	Литографические процессы. Резисты. Фотолитография. Фоторезисты и их	4

		основные характеристики. Разрешающая способность.Термообработка. Совмещение и экспонирование.Проявление фоторезистов.Перспективные методы фотолитографии. Предельные возможности формирования элементов при помощи литографии.	
12	7	Перспективные технологии и нанотехнологии в производстве электронной компонентной базы.Перспективные технологии в производстве интегральных микросхем.Методы технологического контроля. Сухие методы в технологии электроники. Тенденции развития технологических процессов микро и нанотехнологии.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Семинар по теме " Этапы развития электроники и нанoeлектроники " и роль микро и нанoeлектроники в создании современной электронной компонентной базы	2
2	2	семинар по теме " Классификация технологических процессов при производстве электронной компонентной базы"	2
3	3	Семинарское занятия по проблемам производства полупроводниковых приборов	2
4	3	Семинарское занятия по проблемам производства интегральных микросхем	2
5	4	Семинарское занятие по теме" Оборудование при технологических операциях осаждения вещества из различных технологических сред"	2
6	4	Семинарское занятие по теме "Осаждение вещества из газовой фазы"	2
7	4	Семинарское занятие по проблемам молекулярно-лучевой эпитаксии	2
8	5	Семинарское занятие по теме "Оборудование и методы удаления вещества"	2
9	5	Семинарское занятие по теме " Методы модифицирования вещества"	2
10	6	Семинарское занятие по теме " Литографические процессы"	2
11	6	Семинарское занятие по теме "Перспективные методы фотолитографии"	2
12	7	Семинарское занятие по теме "Перспективные технологии микро и нанoeлектроники"	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к докладам	Проектирование и технология электронной компонентной базы: полупроводниковые приемники излучений : учебное пособие / С. А. Леготин, А. А. Краснов, Д. С. Ельников [и др.]. Глава 1 стр. 8-28, Глава 2 стр. 33-54; Таиров, Ю. М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов Учеб. для вузов по	8	12

	спец."Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники" Глава 4-7 стр. 124-396		
Подготовка к контрольным работам	Проектирование и технология электронной компонентной базы: полупроводниковые приемники излучений : учебное пособие / С. А. Леготин, А. А. Краснов, Д. С. Ельников [и др.]. Глава 1 стр. 8-28, Глава 2 стр. 33-54; Таиров, Ю. М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов Учеб. для вузов по спец."Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники" Глава 4-7 стр. 124-396	8	15
Подготовка к экзамену	Проектирование и технология электронной компонентной базы: полупроводниковые приемники излучений : учебное пособие / С. А. Леготин, А. А. Краснов, Д. С. Ельников [и др.]. Глава 1 стр. 8-28, Глава 2 стр. 33-54; Таиров, Ю. М. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов Учеб. для вузов по спец."Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники" Глава 4-7 стр. 124-396	8	24,5

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	8	Текущий контроль	Контрольная работа 1	1	5	5 баллов - все задания контрольной выполнены верно; 4 балла - задания выполнены верно, но с некритическими ошибками; 3 балла - часть заданий выполнена с грубыми ошибками; 2 балла - все задания выполнены с грубыми ошибками; 1 балл - выполнено только одно задание с грубыми ошибками; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	экзамен
2	8	Текущий контроль	Контрольная работа 2	1	5	5 баллов - все задания контрольной выполнены верно; 4 балла - задания выполнены верно, но с некритическими	экзамен

						ошибками; 3 балла - часть заданий выполнена с грубыми ошибками; 2 балла - все задания выполнены с грубыми ошибками; 1 балл - выполнено только одно задание с грубыми ошибками; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	
3	8	Текущий контроль	Контрольная работа 3	1	5	5 баллов - все задания контрольной выполнены верно; 4 балла - задания выполнены верно, но с некритическими ошибками; 3 балла - часть заданий выполнена с грубыми ошибками; 2 балла - все задания выполнены с грубыми ошибками; 1 балл - выполнено только одно задание с грубыми ошибками; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	экзамен
4	8	Текущий контроль	Доклад по заданной теме №1	1	5	5 баллов выставляется за выступление студента с докладом и презентацией; студент хорошо ориентируется в докладываемой теме и ответил на все дополнительные вопросы. 4 балла - студент качественно выступил с докладом, но допустил небольшие ошибки в ответах на вопросы, либо не ответил на один вопрос; 3 балла - студент выступил с докладом, но допустил грубые ошибки в докладе и неполно осветил тему; студент ответил не на все вопросы/ ответы студента неполные; 2 балла - тема доклада не раскрыта, докладчик плохо ориентируется в докладе; 1 балл - представлена информация несоответствующая теме доклада; 0 баллов - студент не подготовил доклад.	экзамен
5	8	Текущий контроль	Доклад по заданной теме №2	1	5	5 баллов выставляется за выступление студента с докладом и презентацией; студент хорошо ориентируется в докладываемой теме и ответил на все дополнительные вопросы. 4 балла - студент качественно выступил с докладом, но допустил небольшие ошибки в ответах на вопросы, либо не ответил на один вопрос; 3 балла - студент выступил с докладом, но допустил грубые ошибки в докладе и неполно осветил тему; студент ответил не на все вопросы/ ответы студента неполные; 2 балла - тема доклада не раскрыта, докладчик плохо ориентируется в докладе; 1 балл - представлена информация	экзамен



						несоответствующая теме доклада; 0 баллов - студент не подготовил доклад.	
6	8	Промежуточная аттестация	Экзаменационная работа	-	5	5 баллов выставляется за полное и исчерпывающее ответы на все задания билета; 4 балла - выполнены все задания, ответы содержат не принципиальные ошибки и неточности; 3 балла - ответы даны с грубыми ошибками; 2 балла - ответы на задания даны неверно, студент не понимает сути вопросов заданий; 1 балл - частично выполнено одно задание из билета с грубыми ошибками; 0 баллов - задания не выполнены.	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации является обязательным. Контрольное мероприятие промежуточной аттестации проводится в форме письменного экзамена. Студенты получают задания, представленные в билетах. Билет состоит из двух заданий. Максимальный балл за два задания равен 5 баллам. В течение полутора-двух часов студенты излагают ответы в письменном виде на выбранные билеты, после чего сдают их на проверку экзаменатору. После проверки, экзаменатор выставляет баллы за выполненную работу. Если студент не согласен с полученными баллами, ему предоставляется возможность ответить на дополнительные вопросы по всему материалу курса. В течение экзамена студентам запрещается пользоваться мобильными телефонами, другими средствами связи, вычислительной техники и другими средствами информации и материалами.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ОПК-4	Знает: нормативные требования для технологической документации	+	+	+	+	+	+
ОПК-4	Умеет: оформлять отчеты на ЭВМ в соответствии с требованием нормативной документации	+	+	+	+	+	+
ОПК-4	Имеет практический опыт: оформления отчетов на ЭВМ в соответствии с требованием нормативной документации	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

## Печатная учебно-методическая документация

### а) основная литература:

Не предусмотрена

### б) дополнительная литература:

1. Давыдов, С. Ю. Элементарное введение в теорию наносистем Текст учеб. пособие для вузов по направлениям "Электроника и наноэлектроника" и "Нанотехнологии и микросистем. техника" С. Ю. Давыдов, А. А. Лебедев, О. В. Посредник. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. и др.: Лань, 2014. - 192 с. ил.

### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Едренкин Э.Д., Колмакова Н.С. Конструкторско-технологическое обеспечение производства электронных средств: Учебное пособие.- Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004.-145 с.
2. Основы проектирования и технологии электронных систем: Методические указания / Составитель Н.С.Колмакова; под ред.В.М. Березина. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005.-21с

### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Едренкин Э.Д., Колмакова Н.С. Конструкторско-технологическое обеспечение производства электронных средств: Учебное пособие.- Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004.-145 с.
2. Основы проектирования и технологии электронных систем: Методические указания / Составитель Н.С.Колмакова; под ред.В.М. Березина. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005.-21с

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Проектирование и технология электронной компонентной базы: полупроводниковые приемники излучений : учебное пособие / С. А. Леготин, А. А. Краснов, Д. С. Ельников [и др.]. — Москва : МИСИС, 2018. — 188 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/115280">https://e.lanbook.com/book/115280</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Белоус, А. И. Основы проектирования субмикронных микросхем : монография / А. И. Белоус, Г. Я. Красников, В. А. Солодуха. — Москва : Техносфера, 2020. — 782 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/181223">https://e.lanbook.com/book/181223</a>
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Игнатов, А. Н. Микросхемотехника и наноэлектроника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 528 с <a href="https://e.lanbook.com/book/167901">https://e.lanbook.com/book/167901</a>
4	Основная	Электронно-	Рабинович, О. И. Основы технологии электронной

	литература	библиотечная система издательства Лань	компонентной базы : учебно-методическое пособие / О. И. Рабинович. — Москва : МИСИС, 2015. — 59 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/116686">https://e.lanbook.com/book/116686</a>
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Астахов, В. П. Основы технологии электронной компонентной базы : практикум : учебное пособие / В. П. Астахов, С. А. Леготин, К. А. Кузьмина. — Москва : МИСИС, 2016. — 53 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/93644">https://e.lanbook.com/book/93644</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Не предусмотрено