

# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



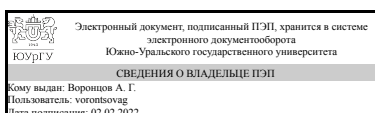
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.23 Основы технологии электронной компонентной базы  
для направления 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

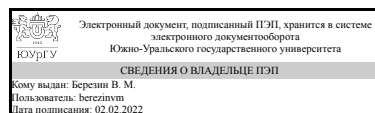
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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



А. Г. Воронцов

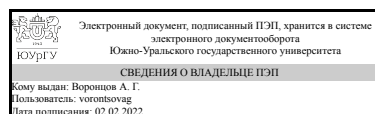
Разработчик программы,  
д.физ.-мат.н., проф., профессор



В. М. Березин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления  
д.физ.-мат.н., доц.



А. Г. Воронцов

## 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 наноэлектроники.

## 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 наноэлектроники 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 наноэлектроники.

## 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.22 Основы проектирования электронной компонентной базы, 1.О.17 Информатика, 1.О.18 Схемотехника, 1.О.12 Инженерная и компьютерная графика, Учебная практика, ознакомительная практика (2 семестр), Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика (6 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.12 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.22 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.17 Информатика	Знает: современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации в требуемом формате , принципы работы современных пакетов редактирования текста и создания изображений, методики поиска, сбора и обработки информации в сети интернет Умеет: решать задачи обработки данных с помощью современных ЭВМ, редактировать текст, создавать рисунки, применять методики поиска, сбора и обработки информации, полученной из сети интернет Имеет практический опыт: обработки данных с помощью современных ЭВМ, работы в программах редактирования и форматирования текста, создания рисунков, использования компьютера для поиска и обработки данных
1.О.18 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
Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика (6 семестр)	Знает: нормативные требования к конструкторской документации, системы стандартизации и сертификации Умеет: оформлять отчет согласно требованиям нормативной документации, 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 Имеет практический опыт: написания отчета согласно требованиям нормативной документации, постановки цели и задач исследования, оформления отчета, согласно нормативным документам
Учебная практика, ознакомительная практика (2 семестр)	Знает: способы использования информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации; Умеет: осуществлять поиск информации в сети интернет; использовать современные средства автоматизации для выполнения отчета, планировать этапы работы на основе цели и задач исследования Имеет практический опыт: написания отчета согласно нормативной документации, составления плана работы и его реализации

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 57,5 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
Самостоятельная работа (СРС)	50,5	50,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка к экзамену	18	18
Подготовка к докладам	6	6
Подготовка к контрольным работам	9	9
Работа над курсовым проектом	17,5	17,5
Консультации и промежуточная аттестация	9,5	9,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен, КР

## 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 электронике и нанoeлектронике. 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, микroeлектроники и нанoeлектроники, Роль достижений в области электроники в физике и технике. Классы чистоты материалов электроники.	2
2	2	Системный подход к электронике и нанoeлектронике. 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. газофазная эпитаксия. Получение	6

		поликристаллического кремния. получение оксида и нитрида кремния. Жидкофазная эпитаксия. Вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Катодное испарение. Ионно-плазменное распыление. Плазмо-химическое осаждение.	
8,9	5	Методы удаления вещества. Процессы химического травления. Электрохимическое травление. сухое травление.	4
10,11	6	Литографические процессы. Резисты. Фотолитография. Фоторезисты и их основные характеристики. Разрешающая способность. Термообработка. Совмещение и экспонирование. Проявление фоторезистов. Перспективные методы фотолитографии. Предельные возможности формирования элементов при помощи литографии.	4
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 наноэлектроники " и роль микро и наноэлектроники 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 наноэлектроники"	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 экзамену	Проектирование и технология	8	18

	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		
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 спец."Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники" Глава 4- 7 стр. 124-396	8	6
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	9
Работа над курсовым проектом	Рабинович О.И. Основы технологии электронной компонентной базы : учебно-методическое пособие стр.6-56; Основы проектирования и технологии электронных систем: Методические указания стр. 3-21;Едренкин Э.Д., Колмакова Н.С. Конструкторско- технологическое обеспечение производства электронных средств стр. 5- 142	8	17,5

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

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

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№	Се-	Вид	Название	Вес	Макс.	Порядок начисления баллов	Учи-
---	-----	-----	----------	-----	-------	---------------------------	------

КМ	местр	контроля	контрольного мероприятия		балл		тывается 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 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
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	<p>5 баллов выставляется за выступление студента с докладом и презентацией; студент хорошо ориентируется в докладываемой теме и ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>4 балла - студент качественно выступил с докладом, но допустил небольшие ошибки в ответах на вопросы, либо не ответил на один вопрос;</p> <p>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;</p> <p>2 балла - тема доклада не раскрыта, докладчик плохо ориентируется в докладе;</p> <p>1 балл - представлена информация несоответствующая теме доклада;</p> <p>0 баллов - студент не подготовил доклад.</p>	экзамен
6	8	Промежуточная аттестация	Экзаменационная работа	-	5	<p>5 баллов выставляется за полное и исчерпывающее ответы на все задания билета;</p> <p>4 балла - выполнены все задания, ответы содержат не принципиальные ошибки и неточности;</p> <p>3 балла - ответы даны с грубыми ошибками;</p> <p>2 балла - ответы на задания даны неверно, студент не понимает сути вопросов заданий;</p> <p>1 балл - частично выполнено одно задание из билета с грубыми ошибками;</p> <p>0 баллов - задания не выполнены.</p>	экзамен
9	8	Курсовая работа/проект	Курсовая работа	-	5	<p>5 баллов - задание курсовой работы выполнено полностью; работа выполнена исчерпывающе, представлена технология изготовления заданного функционального узла; проект сдан вовремя; работа оформлена в соответствии со стандартом ЮУрГУ.</p> <p>4 балла - задание курсовой работы выполнено полностью; представлена технология изготовления заданного функционального узла, но присутствуют несущественные ошибки в техническом разделе работы; проект сдан вовремя; работа оформлена в соответствии со стандартом ЮУрГУ.</p> <p>3 балла - задание курсовой работы</p>	курсовые работы

					<p>выполнено неполностью: представлена технология изготовления заданного функционального узла, но отсутствуют 1-2 пункта в работе, необходимые по заданию; проект сдан не в срок; работа оформлена в соответствии со стандартом ЮУрГУ.</p> <p>1 балл - задание курсовой работы выполнено неполностью: не показана большая часть технологии изготовления функционального узла, автор ссылается на недостоверную литературу; проект сдан не в срок; оформление работы не соответствует стандарту ЮУрГУ.</p> <p>0 баллов - курсовая работа не выполнена.</p>	
--	--	--	--	--	---	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>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.</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>
курсовые работы	<p>В начале семестра студент получает задание и в течение семестра его выполняет. В конце семестра курсовая работа, оформленная в соответствии со стандартом ЮУрГУ, сдается на кафедру для нормоконтроля. После прохождения нормоконтроля, работа сдается на проверку лектору-преподавателю для выставления оценки.</p>	<p>В соответствии с п. 2.7 Положения</p>

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ						
		1	2	3	4	5	6	9
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	+	+	+	+	+	+	+

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

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

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

### 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	Белоус, А. И. Основы проектирования субмикронных микросхем : монография / А. И. Белоус, Г. Я. Красников, В. А. Солодуха. — Москва : Техносфера, 2020. — 782 с.

		издательства Лань	<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 литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Рабинович, О. И. Основы технологии электронной 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