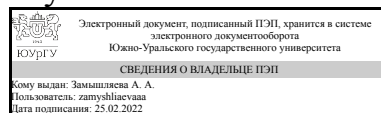


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Институт естественных и точных  
наук



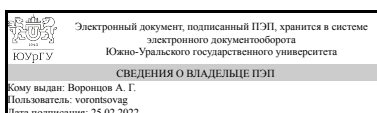
А. А. Замышляева

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.26 Интегральная электроника и наноэлектроника  
для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

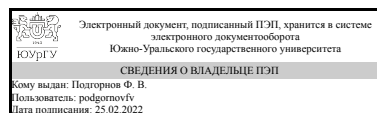
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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



А. Г. Воронцов

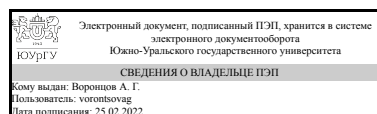
Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доцент



Ф. В. Подгорнов

СОГЛАСОВАНО

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



А. Г. Воронцов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Основными целями преподавания и изучения дисциплины "Интегральная электроника и наноэлектроника" являются изучение студентами конструкций и технологий производства реальных изделий микро- и наноэлектроники, а также путей развития их производства и применения. Для достижения указанных целей решаются следующие задачи: изучение конструкций современных и перспективных интегральных полупроводниковых приборов; изучение конструктивно-технологического обеспечения производства изделий интегральной электроники и наноэлектроники; изучение физико-химических закономерностей и математическое моделирование технологических процессов; изучение вопросов организации производства в электронной промышленности.

## Краткое содержание дисциплины

Курс "Интегральная электроника и наноэлектроника" состоит из двух основных частей - лекционного курса и практических занятий. На лекциях студенты получают представления обо всех темах курса прежде всего с позиций физико-технологических основ конструирования и технологии микро- и наноэлектронных изделий. Практические занятия посвящены изучению конкретных образцов изделий, технологического оборудования и методов расчета и конструирования изделий микро- и наноэлектроники. Изучаемые разделы: Современные конструкции элементов полупроводниковых ИМС; Конструкции перспективных электронных приборов; Конструкции и технологии корпусов и выводов ИМС; Физико-химические аспекты технологических операций; Общие производственные вопросы.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	Знает: понятия и отличительные особенности интегральной электроники и наноэлектроники; основные принципы построения интегральных схем

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.10 Физика, ФД.03 Наноструктурные материалы для источников тока, 1.О.08 Линейная алгебра и аналитическая геометрия, 1.О.25 Наноэлектроника, 1.О.07 Математический анализ, 1.О.21 Материалы и компоненты электронной техники, 1.О.27 Введение в физику твердого тела, 1.О.09 Дифференциальные уравнения,	ФД.02 Квантовые технологии: состояние и перспективы

1.О.20 Статистические основы интеллектуального анализа данных, 1.О.19 Основы теории вероятности и стохастических процессов, 1.О.15 Теоретические основы электротехники	
--	--

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

Дисциплина	Требования
1.О.15 Теоретические основы электротехники	Знает: основные элементы электрических цепей, метода расчета электрических цепей Умеет: выполнять расчеты параметров электрических цепей постоянного и переменного тока Имеет практический опыт: сборки электрических схем и выполнения измерений в электрических цепях
1.О.09 Дифференциальные уравнения	Знает: области прикладного применения дифференциальных уравнений;Классификацию дифференциальных уравнений;основные способы решения дифференциальных уравнений Умеет: решать дифференциальные уравнения Имеет практический опыт: применения дифференциальных уравнений для решения задач
1.О.19 Основы теории вероятности и стохастических процессов	Знает: области прикладного применения теории вероятностей и стохастических процессов;основные определения и теоремы теории вероятностей и стохастических процессов Умеет: находить вероятности в конкретных задачах, находить параметры распределений случайных величин и стохастических процессов Имеет практический опыт: нахождения параметров функции распределения случайной величины
1.О.10 Физика	Знает: фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы, основы экспериментального метода исследования;методику обработки данных эксперимента, методики анализа физических систем, основные определения и законы физики Умеет: применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера, проводить простые эксперименты, грамотно представлять результаты измерений, оценивать погрешность, применять системный подход для решения физических задач Имеет практический опыт: использования знаний физики и математики при решении практических задач, проведения эксперимента, обработки экспериментальных данных
1.О.21 Материалы и компоненты электронной техники	Знает: основные материалы, используемые в электронике;ключевые компоненты,

	использующиеся в электронных схемах, основные методы экспериментального исследования свойств материалов и параметров компонентов электронной техники Умеет: осуществлять подбор материалов для изготовления электронной техники, проводить измерения свойств материалов и параметров компонентов электронной техники Имеет практический опыт: измерения свойств материалов, представления и обработки экспериментальных данных
1.О.20 Статистические основы интеллектуального анализа данных	Знает: области прикладного применения математической статистики;основные определения и теоремы математического статистики Умеет: применять законы математической статистики для обработки экспериментальных данных и подтверждения гипотез Имеет практический опыт: использования математической статистики для обработки экспериментальных данных и подтверждения гипотез
1.О.25 Нанoeлектроника	Знает: фундаментальные законы природы, определяющие функционирование объектов нанометровых размеров; отличительные особенности нанoeлектронных систем Умеет: использовать законы физики для прогнозирования поведения нанoeлектронных систем Имеет практический опыт:
1.О.08 Линейная алгебра и аналитическая геометрия	Знает: области прикладного применения линейной алгебры и аналитической геометрии;основные определения и теоремы линейной алгебры и аналитической геометрии Умеет: применять методы линейной алгебры и аналитической геометрии для решения задач теоретического и прикладного характера Имеет практический опыт:
ФД.03 Наноструктурные материалы для источников тока	Знает: примеры практического использования наноструктурных материалов;устройство и материалы современных источников тока Умеет: Имеет практический опыт:
1.О.07 Математический анализ	Знает: области прикладного применения дифференциального и интегрального исчисления;основные определения и теоремы математического анализа Умеет: применять методы математического анализа для решения задач теоретического и прикладного характера Имеет практический опыт:
1.О.27 Введение в физику твердого тела	Знает: основные физические свойства материалов;физико-химические причины появления тех или иных свойств материалов Умеет: находить информацию о свойствах веществ Имеет практический опыт:

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч.  
контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Подготовка к зачету	20	20	
Подготовка к контрольным работам	33,75	33.75	
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Современные конструкции элементов полупроводниковых ИМС	8	2	6	0
2	Конструкции перспективных электронных приборов	14	4	10	0
3	Конструкции и технологии корпусов и выводов ИМС	6	2	4	0
4	Физико-химические аспекты технологических операций	16	6	10	0
5	Общие производственные вопросы	4	2	2	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Связь электрических параметров ИМС с физическими параметрами полупроводниковых структур	2
2	2	Теоретические основы одноэлектроники	2
3	2	Основы функциональной электроники	2
4	3	Проблемы микроконтактирования в электронике. Конструкции выводов ИМС	2
5	4	Диффузия примеси в полупроводник. Маскирующие свойства SiO <sub>2</sub>	2
6	4	Окисление и травление SiO <sub>2</sub>	2
7	4	Экспонирование при фотолитографии и электронно-лучевой литографии	2
8	5	Специфика организации производства в электронной промышленности	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Конструкции транзисторов для ИМС с повышенным быстродействием и степенью интеграции	4
2	1	Конструкции пассивных элементов и разводки для ИМС с повышенным быстродействием и степенью интеграции	2
3	2	Конструкции транзисторов и диодов на углеродных нанотрубках	2
4	2	Конструкции транзисторов и диодов на полупроводниковых гетероструктурах	2
5	2	Конструкции осветительных приборов и дисплеев на углеродных нанотрубках	2
6	2	Конструкции приборов одноэлектроники	2
7	2	Конструкции приборов опто- и акустоэлектроники	2
8	3	Технологии и оборудование для микроконтактирования в технологии ИМС	2
9	3	Технологии и оборудование герметизации ИМС	2
10	4	Математическое моделирование диффузии примесей в полупроводник	4
11	4	Технологии и оборудование для легирования полупроводника	2
12	4	Технологии и оборудование для литографических процессов	2
13	4	Технологии и оборудование для очистки поверхности	2
14	5	Оборудование чистых комнат и расходные материалы	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 зачету	1 Миловзоров, О. В. Электроника [Текст] учеб. для вузов О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2006. - 287, [1] 2 Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника Полн. курс: Учеб. для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; Под ред. О. П. Глудкина. - М.: Горячая линия-Телеком, 2000 3. Барыбин, А. А. Электроника и микроэлектроника: Физико-технологические основы Учеб. пособие для вузов по направлениям 550700 и 654100 "Электроника и микроэлектроника"... А. А. Барыбин. - М.: Физматлит, 2006. 4. Гальперин, М. В. Электронная техника [Текст] учеб. для сред. проф. образования по	7	20

	специальностям 1900 "Приборостроение", 2000 "Электроника и микроэлектроника, радиотехника и телекоммуникации", 2100 "Автоматизация и упр.", 2200 "Информатика и вычисл. техника" М. В. Гальперин. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2007		
Подготовка к контрольным работам	1 Миловзоров, О. В. Электроника [Текст] учеб. для вузов О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2006. - 287, [1] 2 Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника Полн. курс: Учеб. для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; Под ред. О. П. Глудкина. - М.: Горячая линия-Телеком, 2000 3. Гальперин, М. В. Электронная техника [Текст] учеб. для сред. проф. образования по специальностям 1900 "Приборостроение", 2000 "Электроника и микроэлектроника, радиотехника и телекоммуникации", 2100 "Автоматизация и упр.", 2200 "Информатика и вычисл. техника" М. В. Гальперин. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2007	7	33,75

## 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)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Текущий контроль	Контрольная работа 1	1	5	Требуется дать письменные ответы на 5 вопросов 5 баллов- 5 правильных ответов 4 балла- 4 правильных ответа 3 балла- 3 правильных ответа 2 балла- 2 правильных ответа 1 балл - 1 правильный ответ 0 баллов- 0 правильных ответов	зачет
2	7	Текущий контроль	Контрольная работа 2	1	5	Требуется дать письменные ответы на 5 вопросов 5 баллов- 5 правильных ответов 4 балла- 4 правильных ответа 3 балла- 3 правильных ответа	зачет

						2 балла- 2 правильных ответа 1 балл - 1 правильный ответ 0 баллов- 0 правильных ответов	
3	7	Текущий контроль	Контрольная работа 3	2	5	Требуется дать письменные ответы на 5 вопросов 5 баллов- 5 правильных ответов 4 балла- 4 правильных ответа 3 балла- 3 правильных ответа 2 балла- 2 правильных ответа 1 балл - 1 правильный ответ 0 баллов- 0 правильных ответов	зачет
4	7	Текущий контроль	Контрольная работа 4	1	5	Требуется дать письменные ответы на 5 вопросов 5 баллов- 5 правильных ответов 4 балла- 4 правильных ответа 3 балла- 3 правильных ответа 2 балла- 2 правильных ответа 1 балл - 1 правильный ответ 0 баллов- 0 правильных ответов	зачет
5	7	Промежуточная аттестация	Зачет	-	5	Требуется дать письменные ответы на 5 вопросов 5 баллов- 5 правильных ответов 4 балла- 4 правильных ответа 3 балла- 3 правильных ответа 2 балла- 2 правильных ответа 1 балл - 1 правильный ответ 0 баллов- 0 правильных ответов	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Прохождение контрольного мероприятия не является обязательным. При недостаточном количестве баллов студент выполняет зачетное задание - отвечает письменно на 5 вопросов по темам всего курса. На выполнение зачетного задания отводится 2 академических часа.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ОПК-1	Знает: понятия и отличительные особенности интегральной электроники и нанoeлектроники; основные принципы построения интегральных схем	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:



1. Миловзоров, О. В. Электроника [Текст] учеб. для вузов О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2006. - 287, [1] с. ил.
2. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника Полн. курс: Учеб. для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; Под ред. О. П. Глудкина. - М.: Горячая линия-Телеком, 2000

*б) дополнительная литература:*

1. Гальперин, М. В. Электронная техника [Текст] учеб. для сред. проф. образования по специальностям 1900 "Приборостроение", 2000 "Электроника и микроэлектроника, радиотехника и телекоммуникации", 2100 "Автоматизация и упр.", 2200 "Информатика и вычисл. техника" М. В. Гальперин. - Изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2007

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

1. Квантовая электроника: Квантовая электроника и ее применения Ежемес. журн. Рос. акад. наук, Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева, Ин-т общ. физики, Моск. инженер.-физ. ин-т, Междунар. учеб.-науч. лазер. центр МГУ, Ин-т лазерной физики СО РАН, НИИ лазерной физики, НПО "Астрофизика", НИИ "Полус" им. М.Ф. Стельмаха журнал. - М.: Радио и связь, 1974-
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики ежемес. журн. Рос. акад. наук, Отд-ние физч. наук журнал. - М.: Наука, 1931-

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

1. Нанoeлектроника: метод. указания / А. М. Кувшинов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Технология приборостроения // Челябинск: ЮУрГУ, 2015

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

1. Нанoeлектроника: метод. указания / А. М. Кувшинов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Технология приборостроения // Челябинск: ЮУрГУ, 2015

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Орлова, М. Н. Нанoeлектроника. Курс лекций : учебное пособие / М. Н. Орлова, И. В. Борзых. — Москва : МИСИС, 2013. — 50 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/47464">https://e.lanbook.com/book/47464</a>
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Игнатов, А. Н. Микросхемотехника и нанoeлектроника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. <a href="https://e.lanbook.com/book/167901">https://e.lanbook.com/book/167901</a>
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Нанoeлектроника: теория и практика : учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е. А. Уткина. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. <a href="https://e.lanbook.com/book/151562">https://e.lanbook.com/book/151562</a>

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
3. -Maple 13(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	305 (16)	Компьютер, проектор
Лекции	607 (16)	Компьютер, проектор