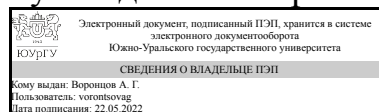


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



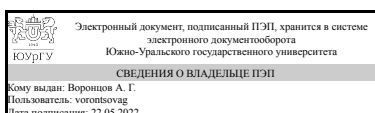
А. Г. Воронцов

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

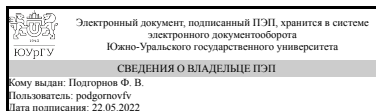
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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



А. Г. Воронцов

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



Ф. В. Подгорнов

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, 1.О.15 Теоретические основы электротехники, 1.О.07 Математический анализ, 1.О.25 Наноэлектроника, ФД.03 Наноструктурные материалы для источников тока, 1.О.21 Материалы и компоненты электронной техники, 1.О.08 Линейная алгебра и аналитическая геометрия, 1.О.09 Дифференциальные уравнения,	ФД.02 Квантовые технологии: состояние и перспективы

1.О.19 Основы теории вероятности и стохастических процессов, 1.О.20 Статистические основы интеллектуального анализа данных, 1.О.27 Введение в физику твердого тела	
--	--

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

Дисциплина	Требования
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
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.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:
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.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.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:
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.21 Материалы и компоненты электронной техники	Знает: основные методы экспериментального исследования свойств материалов и параметров компонентов электронной техники, основные материалы, используемые в электронике; ключевые компоненты, используемые в электронных схемах Умеет: проводить измерения свойств материалов и параметров компонентов электронной техники, осуществлять подбор материалов для изготовления электронной техники Имеет практический опыт: измерения свойств материалов, представления и обработки экспериментальных данных
1.О.10 Физика	Знает: основы экспериментального метода исследования; методику обработки данных эксперимента, методики анализа физических систем, основные определения и законы физики, фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы Умеет: проводить простые эксперименты, грамотно представлять результаты измерений, оценивать погрешность, применять системный подход для решения физических задач, применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера Имеет практический опыт: проведения эксперимента, обработки экспериментальных данных, использования знаний физики и математики при решении практических задач

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 ₂	2
6	4	Окисление и травление SiO ₂	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. 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-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	зачет

						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	
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. Паспорт фонда оценочных средств

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	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому 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 "Полюс" 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. https://e.lanbook.com/book/47464
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Игнатов, А. Н. Микросхемотехника и нанoeлектроника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. https://e.lanbook.com/book/167901
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. https://e.lanbook.com/book/151562

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