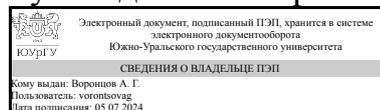


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



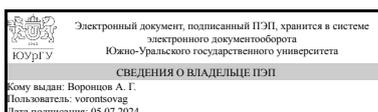
А. Г. Воронцов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

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

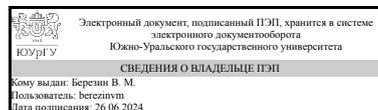
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

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

Отразить приемственность нано- и микроэлектроники. Изучить особенности наноэлектроники (технологии, физической основы, конструкции и работы приборов) как принципиально нового направления техники и технологии в области электроники. Решаемые задачи : Изучить сущность новых технологий: нанолитографии, молекулярно- лучевой эпитаксии, зондовой микроскопии и т.п.. Научиться применять уравнения Шредингера для решения задач взаимодействия электронов с неоднородностями, потенциальными барьерами. Изучить варианты конструкций наноэлектронных транзисторов, диодов, конденсаторов, резисторов и других элементов ИМС.

Краткое содержание дисциплины

Введение в предмет. Основные тенденции интегральной электроники и их реализация в области минимальных технологических размеров менее 100 нм. Технологические особенности обусловленные увеличением степени интеграции на чипе и уменьшением размеров элементов микросхем. Повышенные требования к качеству кристаллов полупроводниковой основы микросхем. Новые методы получения чипов и реализации литографии при формировании топологии ИМС. Достоинства и проблемы, обусловленные новыми методами и технологиями. Туннелирование и интерференционные эффекты при электронном транспорте. Квантовая проводимость, эффект Холла, Аоронава-Бома. Применение стационарного одномерного уравнения Шредингера для решения задач электроники. Автоэлектронная эмиссия. Изучение конструктивных и технологических особенностей наноэлектронных транзисторов. диодов различного назначения, конденсаторов, химических источников тока, резисторов. Изучение электронных свойств наноструктур . Перспективы углеродной наноэлектроники.

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: фундаментальные законы природы, определяющие функционирование объектов нанометровых размеров; отличительные особенности наноэлектронных систем Умеет: использовать законы физики для прогнозирования поведения наноэлектронных систем

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.16 Теоретические основы электротехники, 1.О.10 Дифференциальные уравнения, 1.О.08 Математический анализ, ФД.03 Наноструктурные материалы для источников тока,	ФД.02 Квантовые технологии: состояние и перспективы, 1.О.27 Интегральная электроника и наноэлектроника

1.О.28 Введение в физику твердого тела, 1.О.09 Линейная алгебра и аналитическая геометрия, 1.О.22 Материалы и компоненты электронной техники, 1.О.20 Основы теории вероятности и стохастических процессов, 1.О.11 Физика	
--	--

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

Дисциплина	Требования
1.О.20 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.22 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.11 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

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 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.10 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.16 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 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.28 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 6 з.е., 216 ч., 110,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	96	48	48
Лекции (Л)	64	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды	16	8	8

аудиторных занятий (ПЗ)			
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	105,25	53,75	51,5
Подготовка к лабораторным и контрольным работам	45,25	23,75	21,5
Подготовка к зачету.	20	20	0
Подготовка к выступлению с докладом	20	10	10
Подготовка к экзамену	20	0	20
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение в дисциплину	6	4	2	0
2	Технологии нанoeлектроники.	12	8	4	0
3	Структуры пониженной размерности в нанoeлектронике.	20	8	4	8
4	Нанoeлектронные приборы.	30	24	6	0
5	Материалы нанoeлектроники.	28	20	0	8

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1,2	1	Нанoeлектроника - как преемственность микроэлектроники. Тенденция на миниатюризацию и уменьшение потребления энергии при расширении функциональных возможностей.	4
3	2	Нанолитография. Экстремальный ультрафиолет. Эксимерные лазеры.	2
4	2	Электронолитография. Рентгенолитография. Принципы и особенности реализации.	2
5	2	Технология молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ).	2
6	2	Сканирующая и зондовая микроскопия.	2
7	3	Классификация структур и их электронные энергетические спектры.	2
8	3	Электронные размерные эффекты.	2
9	3	Классический и квантовый размерные эффекты электросопротивления тонких пленок.	2
10	3	Баллистический транспорт электронов в нанопроводниках.	2
11	4	КМОП- нанотранзисторы.	2
12	4	МНОП - и ЛИЗМОП транзисторы и их применение.	2
13	4	Нанодиоды различного назначения.	2
14	4	Наноконденсаторы и источники питания.	2
15	4	Оптоэлектронные наноприборы.	2
16	4	СВЧ нанотранзисторы.	2
17, 18.	4	Оптоэлектронные наноприборы. Приборы с внутренним усилением. Лавинные фотодиоды.	4
19, 20	4	Наноприборы функциональной электроники. Динамические неоднородности в нанoeлектронике. Фононы, магноны, поляроны, микродомены и др.	4

		элементарные возбуждения как носители информации.	
21	4	Одноэлектроника и перспективы ее практической реализации. Идея одноэлектроники. Кулоновская блокада и туннелирование электрона.	2
22	4	Спинтроника.	2
23, 24	5	Полупроводниковые наноструктуры. Гетеропереходы. Сверхрешетки.	4
25, 26	5	Углеродные наноматериалы. Фуллерены. Нанотрубки. Графеноподобные материалы.	4
27, 28	5	Магнитные наноматериалы.	4
29, 30	5	Полимерные и органические материалы.	4
31	5	Пленки поверхностно-активных веществ.	2
32	5	Бионаноматериалы.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Введение в предмет.	2
2	2	Нанолитография.	2
3	2	Методы получения нанопленок.	2
4	3	2D- структура.	2
5	3	0D- и 1D-структуры.	2
6	4	Нанодиоды.	2
7	4	Нанотранзисторы.	2
8	4	УБИС , ГИС.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1,2	3	Изучение вакуумной техники	4
3,4	3	Получение тонких пленок на стекле и измерение их электрических и оптических свойств.	4
5,6	5	Проверка закона Бугера -Ламберта на тонких пленках полуметаллов.	4
7,8	5	Изучение краевых и размерных эффектов электросопротивления тонких пленок полуметаллов.	4

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 лабораторным и контрольным работам	Игнатов, А. Н. Классическая электроника и наноэлектроника, стр. 478-596 Гельман М.В., Хусаинов Р.З., Бычков А.Е. Основы цифровой техники, стр. 9-58	6	21,5
Подготовка к зачету.	Щука, А. А. Электроника [Текст] учебное пособие для вузов по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника А. А. Щука. - 2-е изд.,	5	20

	перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 739 с. ил., стр. 301-365		
Подготовка к лабораторным и контрольным работам	Игнатов, А. Н. Классическая электроника и наноэлектроника, стр. 372-408 Гельман М.В., Хусаинов Р.З., Бычков А.Е. Основы цифровой техники, стр. 9-58	5	23,75
Подготовка к выступлению с докладом	Игнатов, А. Н. Классическая электроника и наноэлектроника, стр. 372-392 Щука, А. А. Электроника [Текст] учебное пособие для вузов по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника А. А. Щука. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 739 с. ил., стр. 301-364	6	10
Подготовка к выступлению с докладом	Игнатов, А. Н. Классическая электроника и наноэлектроника, стр. 69-82 Щука, А. А. Электроника [Текст] учебное пособие для вузов по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника А. А. Щука. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 739 с. ил., стр. 266-284	5	10
Подготовка к экзамену	Щука, А. А. Электроника [Текст] учебное пособие для вузов по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника А. А. Щука. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 739 с. ил., стр. 429-446	6	20

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	5	Текущий контроль	Контрольная работа 1	15	5	5 баллов - все задания 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 с грубыми ошибками одно задание; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	зачет
2	5	Текущий контроль	Контрольная работа 2	15	5	5 баллов - все задания выполнены верно; 4 балла - задания выполнены	зачет

						верно, но с некритическими ошибками; 3 балла - часть заданий выполнена с грубыми ошибками; 2 балла - все задания выполнены с грубыми ошибками; 1 балл - выполнено с грубыми ошибками одно задание; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	
3	5	Текущий контроль	Контрольная работа 3	15	5	5 баллов - все задания 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 с грубыми ошибками одно задание; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	зачет
4	5	Текущий контроль	Лабораторная работа 1	5	5	5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений; 3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы; 2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы; 1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен; 0 баллов - работа не выполнена.	зачет
5	5	Текущий контроль	Лабораторная работа 2	5	5	5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют	зачет

						<p>неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений;</p> <p>3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы;</p> <p>2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы;</p> <p>1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен;</p> <p>0 баллов - работа не выполнена.</p>	
6	5	Текущий контроль	Выступление с докладом №1_5	5	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>	зачет
7	5	Промежуточная аттестация	Зачет	-	5	<p>5 баллов выставляется за полное и исчерпывающее ответы на все задания билета;</p> <p>4 балла - выполнены все задания, ответы содержат 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>	зачет
8	6	Текущий контроль	Контрольная работа 1_6	15	5	<p>5 баллов - все задания выполнены верно; 4 балла - задания выполнены верно, но с не критическими ошибками;</p>	экзамен

						3 балла - часть заданий выполнена с грубыми ошибками; 2 балла - все задания выполнены с грубыми ошибками; 1 балл - выполнено с грубыми ошибками одно задание; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	
9	6	Текущий контроль	Контрольная работа 2_6	15	5	5 баллов - все задания 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 с грубыми ошибками одно задание; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	экзамен
10	6	Текущий контроль	Контрольная работа 3_6	15	5	5 баллов - все задания 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 с грубыми ошибками одно задание; 0 баллов - задания полностью не выполнены.	экзамен
11	6	Текущий контроль	Выступление с докладом №1_6	5	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
12	6	Текущий контроль	Лабораторная работа 3	5	5	5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ; 4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал	экзамен

						<p>корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений;</p> <p>3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы;</p> <p>2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы;</p> <p>1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен;</p> <p>0 баллов - работа не выполнена.</p>	
13	6	Текущий контроль	Лабораторная работа 4	5	5	<p>5 баллов - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, все вычисления выполнены верно, графики зависимостей построены в соответствии со стандартом ЮУрГУ;</p> <p>4 балла - студент полностью выполнил лабораторную работу, сделал корректные выводы по работе, но в вычислениях присутствуют неточности/небольшие ошибки, графики зависимостей построены без указаний доверительных интервалов/без подписей и обозначений;</p> <p>3 балла - студент выполнил лабораторную работу с ошибками в вычислениях, выводы по работе не показывают сути и результатов выполненной работы;</p> <p>2 балла - выполнена экспериментальная часть работы, выполнена часть необходимых вычислений, отсутствуют выводы;</p> <p>1 балл - выполнена только экспериментальная часть работы, отчет не оформлен;</p> <p>0 баллов - работа не выполнена.</p>	экзамен
14	6	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>	экзамен

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Щука, А. А. Электроника [Текст] учебное пособие для вузов по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника А. А. Щука. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 739 с. ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Гельман М.В., Хусаинов Р.З., Бычков А.Е. Основы цифровой техники, Челябинск: ЮУрГУ, 2010

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Гельман М.В., Хусаинов Р.З., Бычков А.Е. Основы цифровой техники, Челябинск: ЮУрГУ, 2010

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Классическая электроника и наноэлектроника : учебное пособие / А. Н. Игнатов, Н. Е. Фадеева, В. Л. Савиных [и др.]. — 3-е изд. — Москва : ФЛИНТА, 2017. — 728 с. https://e.lanbook.com/book/106860
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Игнатов, А. Н. Наноэлектроника. Состояние и перспективы развития : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 2-е изд. — Москва : ФЛИНТА, 2017 https://e.lanbook.com/book/106861

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника,
-------------	---	--

	ауд.	предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	273 (3)	Напылительная система Torr. Цифровой четырёхзондовый тестер модели ST2258C. Фотометр фотоэлектрический КФК-3.