

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.15 Наноэлектроника»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(код и наименование направления подготовки)

Промышленная электроника

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2021

Рабочая программа дисциплины «Б1.Л.Б.15 Наномеханика» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

методическое наименование кафедры

протокол № 5 от 19 02 2021

Заведующий кафедрой

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния  V.L. Бердинский
член-корреспондент кафедры доцент кафедры распорядительный документ

Исполнители:

Доцент



Э.К. Алиджанов

доцент кафедры

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника



О.В. Худорозкое

член-корреспондент кафедры

Заведующий отделом комплексной научной библиотеки



Н.И. Бигадисова 
доцент кафедры

Уполномоченный по качеству факультета



А.Д. Срекиловская
доцент кафедры

№ регистрации _____

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Наноэлектроника» является ознакомление студентов с основными понятиями, достижениями и перспективами современной полупроводниковой наноэлектроники; формирование у студентов необходимых знаний основных законов, определяющих физические свойства объектов нанометрового масштаба и структур с пониженнной размерностью; ознакомление с основными подходами, используемыми в техно-логии формированияnanoструктур; ознакомление с основными достижениями и перспективами полупроводниковой наноэлектроники.

Задачи:

- 1) формирование у студентов необходимых знаний основных законов, определяющих физические свойства объектов нанометрового масштаба и структур с пониженнной размерностью;
- 2) ознакомление с основными подходами, используемыми в технологии формирования nanoструктур;
- 3) ознакомление с основными достижениями и перспективами полупроводниковой наноэлектроники.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.1 Иностранный язык, Б1.Д.Б.8 Математика, Б1.Д.Б.10 Физика, Б1.Д.Б.11 Химия, Б1.Д.Б.14 Физика конденсированного состояния*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.24 Основы аналоговой и цифровой электроники, Б1.Д.В.2 Схемотехника*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1-В-1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы ОПК-1-В-8 Умеет применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера	Знать: Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы Уметь: Умеет применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные	ОПК-2-В-1 Знает простейшие физические и математические модели полупроводника для оценки его электрических свойств	Знать: законы и методы накопления, передачи и

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных		обработка информации с помощью компьютера

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	51,25	51,25
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий; - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	92,75	92,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Физические основы наноэлектроники	36	5	4	4	23
2	Технологические основы наноэлектроники	36	4	4	4	24
3	Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах	36	4	4	4	24
4	Элементы и приборы наноэлектроники	36	5	4	4	23
	Итого:	144	18	16	16	94
	Всего:	144	18	16	16	94

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Физические основы наноэлектроники

Особенности энергетического спектра электронов в системах пониженной размерности. Эффект размерного квантования. Структуры с двумерным электронным газом. Структуры с одномерным электронным газом. Структуры с нульмерным электронным газом. Роль поверхности в создании устройств микро- и наноэлектроники. Квантовые ямы, нити, точки. Гетероструктуры и барьеры Шоттки. Электрофизические свойства наночастиц. Закон Мура. Закон масштабирования и его применение в наноэлектронике.

2 Технологические основы наноэлектроники

Классическая фотолитография и ее проблемы. Введение в литографию наноизделий. Литография экстремальным ультрафиолетом. Электронно-лучевая литография. Ионная литография. Рентгеновская литография. Нанопечатная литография. Литографически индуцированная самосборка наноструктур. Механизмы эпитаксиального роста тонких пленок. Жидкофазная эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений (CVD-технология). Молекулярно-лучевая эпитаксия. Установка МЛЭ. Просвечивающие электронные микроскопы. Сканирующие электронные микроскопы. Сканирующие зондовые и оптические микроскопы. Сканирующий тунNELьный микроскоп. Атомно-силовой микроскоп. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля. Методы сканирующей зондовой микроскопии.

3 Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах

Интерференция электронных волн, эффект Аронова-Бома; Вольтамперные характеристики низкоразмерных структур; Отрицательное сопротивление изгиба; Квантовый эффект Холла; Туннелирование носителей заряда через потенциальные барьеры; Одноэлектронное туннелирование; Резонансное туннелирование; Спин-зависимый транспорт носителей заряда, Гигантское магнитосопротивление; Спин-зависимое туннелирование; Управление спинами носителей заряда в полупроводниках; Эффект Кондо; Эффект Рашибы; Способы генерации спин-поляризованного тока.

4. Элементы и приборы наноэлектроники

Электронные приборы на основе баллистического транспорта носителей заряда: Полевой транзистор на преломленных (отраженных) траекториях электронов; Баллистический выпрямитель.

Электронные приборы на основе одноэлектронного туннелирования: Одноэлектронный транзистор; Одноэлектронная динамическая память; Одноэлектронный турникет и генератор накачки; Одноэлектронный транзисторный параметрон.

Электронные приборы на основе резонансного туннелирования: Резонансно-тунNELьный диод; Резонансно-тунNELьный транзистор.

Спинtronные приборы: Спиновый вентиль; Спиновой полевой транзистор; Времяпролетный спиновой транзистор; Магнитный тунNELьный транзистор; Сенсоры на основе гигантского магнитосопротивления; Энергонезависимая память на основе спин-зависимого туннелирования.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1-2	Формирование и свойства наноструктурированных материалов	4
2	3	Квантовый эффект Холла	4
3	2	Методы сканирующей зондовой микроскопии.	2
4	4	Спинtronика и квантовые компьютеры	2
5	3	Туннелирование носителей заряда через потенциальные барьеры	2
6	3	Вольтамперные характеристики низкоразмерных структур	2
		Итого:	16

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1-2	Формирование и свойства наноструктурированных материалов	4
2	3	Квантовый эффект Холла	4
3	2	Методы сканирующей зондовой микроскопии.	2
4	4	Спинtronика и квантовые компьютеры	2
5	3	Туннелирование носителей заряда через потенциальные барьеры	2
6	3	Вольтамперные характеристики низкоразмерных структур	2
		Итого:	16

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Драгунов В. П. Микро- и наноэлектроника/Драгунов В.П., Остертак Д.И. - Новосиб.: НГТУ, 2012. - 38 с.: ISBN 978-5-7782-2095-9 - Режим доступа:
<http://znanium.com/bookread2.php?book=547779>
2. Барыбин А. А. Барыбин, А. А. Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / А. А. Барыбин, В. А. Бахтина, В. И. Томилин, Н. П. Томилина. – Красноярск : СФУ, 2011. - 236 с. - ISBN 978-5-7638-2396-7.- Режим доступа:
<http://znanium.com/bookread2.php?book=441543>

5.2 Дополнительная литература

1. Воротынцев, В. М. Базовые технологии микро- и наноэлектроники [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника" / В. М. Воротынцев, В. Д. Скупов. - Москва : Проспект, 2018. - 520 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-392-28208-1.
2. Драгунов, В. П. Основы наноэлектроники [Текст] : учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 2000. - 332 с. : ил., табл. Наноэлектроника . — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009-. — (Электроника. Прикладная электроника / под общ. ред. И.Б. Федорова). Ч. 1: Введение в наноэлектронику / [К.А. Валиев и др.] ; под ред. А.А. Орликовского. — 2009 .— 719 с.
3. Шелованова, Г.Н. Современные проблемы микро- и наноэлектроники : учеб. пособие / Г.Н. Шелованова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. — 128 с. - ISBN978-5-7638-3775-9. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1032113> - Текст : электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/1032113>

5.3 Периодические издания

1. Теоретическая и математическая физика. Журнал.
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики.
3. Успехи физических наук. Журнал. МАИК. Наука.
4. Оптика и спектроскопия. Журнал. МАИК. Наука.
5. Журнал технической физики. МАИК. Наука.

5.4 Интернет-ресурсы

- <https://openedu.ru/course/> - «Открытое образование», Каталог курсов, MOOK: «Электродинамика»;
- <https://www.coursera.org/learn/python> - «Coursera», MOOK: «Programming for Everybody (Getting Started with Python)»;
- <https://universarium.org/catalog> - «Универсариум», Курсы, MOOK: «Дополнительная общеобразовательная программа по физике»;
- <https://www.lektorium.tv/mooc> - «Лекториум», MOOK: «Небесная механика»
- Электронная библиотека Российской государственной библиотеки (РГБ) - <http://elibrary.rsl.ru/>.
- Электронная библиотека IQlib (образовательные издания, электронные учебники, справочные и учебные пособия) - <http://www.iqlib.ru/>.
- Электронная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (методическая и учебная литература, создаваемая в электронном виде авторами СПбГТУ по профилю образовательной и научной деятельности университета) - <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/resources/elib/>.
- Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова - <http://nbmgu.ru/>.
- Электронные учебники и журналы по физике <http://e.lanbook.com>.
- Книги для студентов и аспирантов - <http://abitur.su/studentov>.
- Электронные учебные пособия - <http://www.intuit.ru/>.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

Реализация современных информационно-коммуникационных технологий в процессе освоения дисциплины предполагает использование возможностей таких программных средств, как операционные системы Windows; программы пакета MicrosoftOffice (MSWord, MSExcel, MSPowerPoint, MSOutlook); браузеры InternetExplorer, Opera.

1. SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>. – Загл. с экрана.

2. Springer [Электронный ресурс] : база данных научных книг, журналов, справочных материалов / компания Springer Customer Service Center GmbH. – Режим доступа : <https://link.springer.com/>. – Загл. с экрана.

3. Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : <http://apps.webofknowledge.com/>. – Загл. с экрана.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория «Наименование» (при наличии), (компьютерный класс) оснащенная/ оснащенный (указывается конкретное оборудование и т.п.)

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.