

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 Нанoeлектроника»

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.Д.Б.15 Нанoeлектроника» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

протокол № 5 от 29.03.2021

Заведующий кафедрой

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
кафедра биофизики и физики конденсированного состояния В.Д. Бердинский

Исполнитель:

Доцент
доцент Э.К. Алиджанов
доцент

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и наноэлектроника
председатель комиссии О.В. Худорожков
председатель комиссии

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

заведующий отделом комплектования научной библиотеки И.Н. Бигалиева
заведующий отделом комплектования научной библиотеки И.Н. Бигалиева

Уполномоченный по качеству факультета

уполномоченный по качеству факультета А.Д. Стрекаловская
уполномоченный по качеству факультета

№ регистрации _____

© Алиджанов Э.К., 2021
© ОГУ, 2021

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

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

Задачи:

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

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 математические 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 математические 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		обработки 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 нанoeлектроники	36	5	4	4	23
2	Технологические основы нанoeлектроники	36	4	4	4	24
3	Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах	36	4	4	4	24
4	Элементы и приборы нанoeлектроники	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 нанoeлектроники

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 нанoeлектроники. Квантовые ямы, нити, точки. Гетероструктуры и барьеры Шоттки. Электрофизические свойства наночастиц. Закон Мура. Закон масштабирования и его применение в нанoeлектронике.

2 Технологические основы нанoeлектроники

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 туннельный 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 Рашбы; Способы генерации спин-поляризованного тока.

4. Элементы и приборы нанoeлектроники

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-туннельный диод; Резонансно-туннельный транзистор.

Спинтронные приборы: Спиновый клапан; Спиновой полевой транзистор; Вре́мяпролетный спиновой транзистор; Магнитный туннельный 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	Спинтроника 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	Спинтроника 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 нанoeлектроника/Драгунов В.П., Остертак Д.И. - Новосибир.: 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 нанoeлектроники [Текст] : учебное пособие для студентов специальности 11.04.04 "Электроника и нанoeлектроника" / 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 нанoeлектроники [Текст] : учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 2000. - 332 с. : ил., табл. Нанoeлектроника. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2009.-. — (Электроника. Прикладная электроника / под общ. ред. И.Б. Федорова). Ч. 1: Введение в нанoeлектронику / [К.А. Валиев и др.] ; под ред. А.А. Орликовского. — 2009. — 719 с.
3. Шелованова, Г.Н. Современные проблемы микро- и нанoeлектроники : учеб. пособие / Г.Н. Шелованова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. — 128 с. - ISBN 978-5-7638-3775-9. - 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://nbgmu.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.