

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе

 Лейфа А.В. Лейфа

11 июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКА»

Направление подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль) образовательной программы – Физика твердого тела

Квалификация выпускника – Магистр

Год набора – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 2 Семестр 3

Экзамен 3 сем

Общая трудоемкость дисциплины 180.0 (академ. час), 5.00 (з.е)

Составитель Е.В. Стукова, доцент, д-р физ.-мат. наук

Институт компьютерных и инженерных наук

Кафедра физики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.04.01 Прикладные математика и физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.20 № 898

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.02.2024 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

11 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

11 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

11 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

11 июня 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

Формирование представления о методах получения наноструктур и основных физических свойствах этих структур.

Задачи дисциплины:

- изучение методов формирования систем пониженной размерности;
- поведение анализа изменения физических свойств наноструктур по сравнению с объемными материалами;
- получение представления о возможности их применения в области науки и техники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Функциональная микро- и наноэлектроника» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) курс общей физики;
- 2) курс теоретической физики;
- 3) физику твердого тела.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен проводить патентные исследования и определять характеристики продукции	ИД-1ПК-1 Знает основную научно-техническую документацию в соответствующей области знаний ИД-2ПК-1 Умеет использовать методы анализа применимости в объекте исследований известных объектов интеллектуальной собственности
ПК-2 Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ИД-2ПК-2 Умеет оформлять результаты научно-исследовательских работ ИД-1ПК-2 Знает актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний и методы анализа научных данных
ПК-3 Способен проводить научно-исследовательские работы по тематике организации	ИД-1ПК-3 Знает методы организации и проведения научных исследований ИД-2ПК-3 Умеет применять актуальную нормативную документацию и результаты научно-исследовательских работ

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.00 зачетных единицы, 180.0 академических часов.

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Нанокompозиты и нанокерамика как основа функциональной электроники	3	4	4	4	4							40	Проверка в ходе практических работ
2	Высокотемпературные сверхпроводники и в нанoeлектронике	3	2	2	4	4							40	Проверка в ходе практических работ
3	Микро- и нанoeлектромеханические системы	3	4	4	6	6							40	Проверка в ходе практических работ
4	Экзамен	3									0.3	35.7		
	Итого			10.0		14.0		0.0	0.0	0.0	0.3	35.7	120.0	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Нанокompозиты и нанокерамика как основа функциональной электроники	Классификация композиционных материалов. Керамика в современной технике. Нанокристаллические материалы (нанокерамики и нанокompозиты). Применение наноразмерных сегнетоэлектрических материалов. Пористая пьезокерамика.
2	Высокотемпературные	Методы создания наноразмерных

	сверхпроводники в нанoeлектронике	сверхпроводниковых структур. Формирование топологического рисунка. Формирование наноразмерной планарной активной зоны
3	Микро-нанoeлектромеханические системы	Тенденции развития микро- наносистемной техники. Микро- нанoeлектромеханические приборы и устройства. Основные технологические процессы изготовления элементов микромеханики. Изготовление многоуровневых структур. Формирование чувствительных элементов. Микромеханические гироскопы и акселерометры.

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Свойства нанокерамики и нанокompозитов	a) высокочастотные диэлектрические свойства наноразмерных пленок титанат-цирконата свинца; b) структурно- чувствительные свойства нанокompозитов.
Электронные элементы на основе высокотемпературных сверхпроводников	a) датчики магнитного поля; b) датчик ИК-излучения болометрического типа.
Создание структур кремний на изоляторе для формирования микро- и наносистем	a) перспективы развития технологии кремний на изоляторе; b) синтез высокодисперсных материалов для структур КНИ и МЭМС.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Нанокompозиты и нанокерамика как основа функциональной электроники	Проверка в ходе практических работ	40
2	Высокотемпературные сверхпроводники в нанoeлектронике	Проверка в ходе практических работ	40
3	Микро- и нанoeлектромеханические системы	Проверка в ходе практических работ	40

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.01 – «Прикладные математика и физика» реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Функциональная микро- и нанoeлектроника» используются как традиционные (лекция, лекция - беседа, проблемная лекция, лекция-

семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников). Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Физические основы технологии микро- и нанoeлектроники».

Примерные вопросы к экзамену

1. Основные типы полупроводниковых приборных гетероструктур.
2. Методы описания и проектирования приборных гетероструктур.
3. Гетероструктурные полевые транзисторы.
4. Интегральные микросхемы на гетеропереходных полевых транзисторах.
5. Интегральные микросхемы на основе резонансно-туннельных гетероструктур.
6. Зондовые нанотехнологии.
7. Квазиодномерные проводники как активные элементы нанoeлектроники.
8. Методы формирования металлических квазиодномерных контактов на подложках.
9. Металлическая нанoeлектроника.
10. Нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок.
11. Инверторы.
12. Метод приготовления проводников на основе углеродных нанотрубок.
13. Репозиционирование и модифицирование углеродных нанотрубок на подложках.
14. Углеродная нанoeлектроника.
15. Оптические волокна с фотонно-кристаллической структурой.
16. Формирование фотонной запрещенной зоны с помощью субмикронных брэгговских решеток.
17. Сенсоры на основе оптических волноводов.
18. Методы формирования индуцированных доменов и периодических доменных структур в сегнетоэлектриках.
19. Распространение и генерация оптических волн в ПДС.
20. Нелинейные оптические эффекты в ПДС.
21. Генерация оптических гармоник.
22. Параметрическое преобразование.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Прокофьева, Н. И. Физические эффекты нанотехнологий : учебное пособие / Н. И. Прокофьева, Л. А. Грибов. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 100 с. — ISBN 978-5-7264-0745-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/23754.html> (дата обращения: 23.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Данилина, Т. И. Оборудование для создания и исследования свойств объектов нанoeлектроники : учебное пособие / Т. И. Данилина, И. А. Чистоедова. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2011. — 96 с. — ISBN 978-5-91191-202-3. — Текст : электронный // Цифровой

образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13950.html> (дата обращения: 23.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Филимонова, Н. И. Методы электронной спектроскопии : учебное пособие / Н. И. Филимонова, А. А. Величко, Н. Е. Фадеева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 68 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69546.html> (дата обращения: 23.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Сергеев, Н. А. Физика наносистем : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. — Москва : Логос, 2016. — 192 с. — ISBN 978-5-98704-833-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66410.html> (дата обращения: 23.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://window.edu.ru	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
2	https://scholar.google.ru/	Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин
3	http://www.mavicanet.ru/	MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все существующие подкатегории раздела физика, если источник связан с теоретическими исследованиями.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, лабораторных занятий, аудиторий курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.