

Инженерная академия

(факультет институт академия)

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины _____ Технологии производства оптоэлектронной
базы _____

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

(указываются код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность программы (профиль)

Инженерно-физические технологии в наноиндустрии (совместно с Евразийским
национальным университетом им. Л.Н. Гумилева)

(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

1. Цели и задачи дисциплины: Целью освоения дисциплины «Технологии производства оптоэлектронной базы» является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области технологического проектирования маршрутов производства изделий оптоэлектроники характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Изучение дисциплины «Технологии производства оптоэлектронной базы» предусматривает приобретение практических навыков проектирования маршрутов производства полупроводниковых оптоэлектронных компонентов. Предусматривается изучение технологических операций и приобретение навыков моделирования производства компонентов оптоэлектронной базы. Изучаются основные технологические процессы производства и методы контроля оптоэлектронных характеристик устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Технологии производства оптоэлектронной базы» относится к вариативной части 5, 6 семестров учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

| № п/п | Шифр и наименование компетенции | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины (группы дисциплин) |
|--|---|---|---|
| Общекультурные компетенции | | | |
| | | | |
| Общепрофессиональные компетенции | | | |
| | | | |
| Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности научно-исследовательский) | | | |
| ПК-5 | Способность разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик | Электротехника; Электроника; Квантовая электроника Оптика и физика лазеров Основы квантовой теории излучения Физические основы микро- и нано электроники Основы наноустройств | Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе |
| ПК-7 | Способность разрабатывать современные технологические процессы изготовления наноэлектронных изделий | Электротехника Электроника Квантовая электроника Оптика и физика лазеров | Системы автоматизированного проектирования наноструктур и систем на их основе |
| ПК-8 | Способность разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных | Физические основы микро- и нано электроники Основы наноустройств | |

| | | | |
|--|----------------------------|--|--|
| | электромеханических систем | | |
|--|----------------------------|--|--|

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - Способность разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик; ПК-7 - Способность разрабатывать современные технологические процессы изготовления нанoeлектронных изделий; ПК-8 - Способность разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем.

(указываются в соответствии с ОС ВО РУДН)

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5 зачетные единицы (180 ч.)**.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестры | | | |
|---------------------------------------|-------------|----------|----|-----|---|
| | | 5 | 6 | | |
| Аудиторные занятия (всего) | 51 | 27 | 24 | | |
| В том числе: | - | - | - | - | - |
| <i>Лекции</i> | 34 | 18 | 16 | | |
| <i>Практические занятия (ПЗ)</i> | 17 | 9 | 8 | | |
| <i>Семинары (С)</i> | - | | | | |
| <i>Лабораторные работы (ЛР)</i> | - | | | | |
| Самостоятельная работа (всего) | 129 | 45 | 84 | | |
| Общая трудоемкость | час | 180 | 72 | 108 | |
| | зач. ед. | 5 | 2 | 3 | |

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела (темы) дисциплины | Содержание раздела (темы) |
|-------|--|---|
| 1. | Основные технологические процессы производства приборов оптоэлектроники. | Современные технологии изготовления полупроводниковых подложек и эпитаксиальных структур на них. Фотолитографическая технология формирования резистивных масок. Технологическое оборудование. |
| 2. | Маршруты изготовления полупроводниковых приборов | Основные технологические этапы изготовления оптоэлектронных приборов по меза- и планарной технологиям. |
| 3. | Постростовые технологии формирования легированных слоев | Технологические операции легирования полупроводниковых структур методами ионной имплантации и диффузии. Технологическое оборудование. Моделирование диффузионных процессов. |
| 4. | Технологии разделения полупроводниковой подложки на кристаллы | Технологии лазерного скрайбирования и дисковой резки в технологии производства оптоэлектронных компонентов. Технологическое оборудование. Моделирование процессов лазерной резки. |
| 5. | Интеграция оптических элементов в активные оптоэлектронные компоненты | Оптические характеристики оптоволокна для волоконно-оптических систем связи и технология его производства. Методы юстировки оптических элементов в устройствах оптоэлектроники. |

| | | |
|----|---|--|
| 6. | Методы герметизации оптоэлектронных компонентов | Применение кремнийорганических компаундов, клеев и полиимидов в оптоэлектронном производстве. Технологии герметизации и корпусирования изделий оптоэлектроники |
| 7. | Контроль параметров оптоэлектронных полупроводниковых компонентов | Контролируемые параметры полупроводниковых оптоэлектронных компонентов. Методы измерений параметров. Зондовый метод межоперационного контроля. |

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий (очная форма обучения)

| | Наименование раздела дисциплины | Лекц. | Практ. зан. | Лаб. зан. | Семина | СРС | Всего час. |
|--------------------|--|-----------|-------------|-----------|----------|------------|------------|
| <i>5,6 семестр</i> | | | | | | | |
| 1. | Основные технологические процессы производства приборов оптоэлектроники. | 4 | 2 | - | - | 10 | 16 |
| 2. | Маршруты изготовления полупроводниковых приборов | 6 | 3 | - | - | 29 | 38 |
| 3. | Постростовые технологии формирования легированных слоев | 5 | 2 | | | 15 | 22 |
| 4. | Технологии разделения полупроводниковой подложки на кристаллы | 5 | 3 | | | 19 | 27 |
| 5. | Интеграция оптических элементов в активные оптоэлектронные компоненты | 5 | 3 | | | 21 | 29 |
| 6. | Методы герметизации оптоэлектронных компонентов | 4 | 2 | | | 16 | 22 |
| 7. | Контроль параметров оптоэлектронных полупроводниковых компонентов | 5 | 2 | | | 15 | 22 |
| | Зачет с оценкой | | | | | | 4 |
| | Всего: | 34 | 17 | - | - | 125 | 180 |

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела (темы) дисциплины | Содержание раздела (темы) |
|-------|--|---|
| 0 | Актуальные материалы и конструкции полупроводниковых приборов с наноструктурными элементами. | Основные материалы полупроводниковой наноэлектоники. Свойства полупроводниковых материалов. Подвижность. Электронное сродство. Эффективные массы. Конструкции полупроводниковых лазеров и светодиодов на четверных соединениях для оптического диапазона ВОСПИ. |
| 1 | Механизмы генерации и рекомбинации в полупроводниках | Генерационно-рекомбинационный ток. Поверхностная рекомбинация. Фотогенерация носителей. |
| 2 | Диффузионно-дрейфовое приближение механизмов переноса заряда в полупроводниковых приборах | Диффузия и дрейф носителей. Диффузионное расплывание. Амбиполярный дрейф. Уравнение Пуассона. Уравнения непрерывности для электронов и дырок. |
| 3 | Метод Шарфеттера-Гуммеля решения ФСУ Пуассона и непрерывностей. | Запись ФСУ относительно квазиуровней Ферми. Дискретизация ФСУ. Алгоритм решения ФСУ. |
| 4 | Решение ФСУ для гетероперехода InGaAs/InP | Контактная разность потенциалов в гетеропереходах. Форма записи граничных условий для гетероперехода. |
| 5 | Моделирование светодиода InGaAs/InP | Решение ФСУ для светодиода средствами MatLab Моделирование светодиода в среде SimWindows |
| 6 | Моделирование полупроводниковых лазеров | Моделирование полупроводниковых лазеров в среде SimWindows. |

6. Лабораторный практикум не предусмотрен

7. Практические занятия (семинары).

| № п/п | № раздела (темы) дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоемкость (час.) ОФО |
|-------|-----------------------------|---|-------------------------|
| 1. | 2. | Проектирование маршрута изготовления светодиода по меза-технологии | 2 |
| 2. | 2. | Проектирование маршрута изготовления светодиода по планарной и «flip chip» технологиям | 2 |
| 3. | 3. | Решение уравнения диффузии. Моделирование диффузионных процессов в технологии производства оптоэлектронных компонентов | 2 |
| 4. | 4. | Решение уравнения теплопроводности. Моделирование режима лазерной резки на основе уравнения теплопроводности. | 2 |
| 5. | 7. | Обзор технологий автоматизированного проектирования (TCAD) полупроводниковых приборов оптоэлектроники и моделирования их характеристик. | 2 |
| | Итого | | 10 |

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютерный класс, оснащённый видеопроектором.

9. Информационное обеспечение дисциплины:

Осуществление образовательного процесса по дисциплине базируется на использовании следующих информационных технологий:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

2. Сайты министерств, ведомств, служб, производственных предприятий и компаний, деятельность которых является профильной для данной дисциплины:

- <https://www.mos.ru/mka/>

- <http://www.minstroyrf.ru/>

3. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации
<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Кондрашин А.А., Лямин А.Н., Слепцов В.В. Современные технологии изготовления трехмерных электронных устройств: Учеб. пособие. – М.: Техносфера, 2019. – 210 с.

2. K. Reinhardt, W. Kern. Handbook of silicon wafer cleaning technology. Thrid edition.2018. – 773 p

б) дополнительная литература:

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: учебное пособие для вузов / И.П. Степаненко; Москва: Лаборатория базовых знаний, 2001 – 488 с., ил.

2. Пирс К., Адамс А., Кац Л., Цай Дж., Сейдел Т., Макгиллис Д. Технология СБИС: В 2-х кн. Кн. 1. Пер. с англ. / Под ред. С.Зи. - М: Мир, 1986. - 404 с., ил.

3. Могэб К., Фрейзер Д., Фичтнер У., Паррильо Л., Маркус Р., Стейдел К., Бертрем У. Технология СБИС: В 2-х кн. Кн. 2. Пер. с англ. / Под ред. С.Зи. - М.: Мир, 1986. - 453 с., ил.

4. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2 т./ под общ. ред. Ю.Н. Коркишко Т.1: Физико-химические основы технологии микроэлектроники/ Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 392 с., ил.

5. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: учебное пособие для вузов: в 2 т./ под общ. ред. Ю.Н. Коркишко Т.2: Технологические аспекты / М.В. Акуленок, В.М. Андреев, Д.Г. Громов и др. - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 – 300 с., ил.

6. Таиров Ю.М. Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых диэлектрических материалов: Учебник для вузов. 3-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2002. – 424 с.

7. Филачев А.М., Таубкин И.И., Трищенко М.А. Твердотельная фотоэлектроника. Фоторезисторы и фотоприемные устройства. – М.: Физматкнига, 2011. – 448 с.

8. Курбатов Л.Н. Оптоэлектроника видимого и инфракрасного диапазонов спектра. – Изд. 2-е, испр. И доп. – М.: Физматкнига, 2013. – 400 с.

8. Ермаков Д.Н., Оливио А.П. Исторические аспекты построения оптимального алгоритма управления сближением двух спутников с использованием непрерывной малой

тяги//Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: сборник материалов IV Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием (Ульяновск, 20 мая 2021 г.) / гл. ред. Е.И. Антонова. – Чебоксары: ИД «Среда», 2021. – 108 с.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля):

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования: «подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности; удовлетворение потребностей личности в получении соответствующего образования».

Решение этих задач невозможно без такого элемента обучения как самостоятельная работа студентов над учебным материалом. Однако, повысить качество самостоятельной работы можно только при ответственном отношении преподавателя за развитие навыков самостоятельной работы и повышение творческой активности студентов.

В ходе практических занятий студенту рекомендуется конспектировать основное содержание курса. При преподавании дисциплины методически целесообразно в каждом разделе курса выделить наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучаемых. Целесообразно при проведении практических занятий по всем разделам программы иллюстрировать практический материал большим количеством примеров, что позволяет усилить наглядность изложения и продемонстрировать обучаемому приемы решения задач.

В процессе освоения дисциплины, в рамках самостоятельной работы студент: работает с литературой в библиотеке РУДН; использует ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет».

Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Обучение по дисциплине инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее ОВЗ) осуществляется преподавателем с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Для студентов с нарушениями опорно-двигательной функции и с ОВЗ по слуху предусматривается сопровождение лекций и практических занятий мультимедийными средствами, раздаточным материалом.

Для студентов с ОВЗ по зрению предусматривается применение технических средств усиления остаточного зрения, а также предусмотрена возможность разработки аудиоматериалов.

По данной дисциплине обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья может осуществляться как в аудитории, так и дистанционно с использованием возможностей электронной образовательной среды (Учебного портала) и электронной почты.

В ходе аудиторных учебных занятий используются различные средства интерактивного обучения, в том числе, групповые дискуссии, мозговой штурм, деловые игры, проектная работа в малых группах, что дает возможность включения всех участников образовательного процесса в активную работу по освоению дисциплины. Такие методы обучения направлены на совместную работу, обсуждение, принятие группового решения, способствуют сплочению группы и обеспечивают возможности коммуникаций не только с преподавателем, но и с другими обучаемыми, сотрудничество в процессе познавательной деятельности.

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья может производиться по утвержденному индивидуальному графику с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, что подразумевает индивидуализацию содержания, методов, темпа учебной деятельности обучающегося, возможность следить за конкретными действиями студента при решении конкретных задач, внесения, при необходимости, требуемых корректировок в процесс обучения.

Предусматривается проведение индивидуальных консультаций (в том числе консультирование посредством электронной почты), предоставление дополнительных

учебно-методических материалов (в зависимости от диагноза).


12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю):

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Технологии производства оптоэлектронной базы» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, 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, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

Доцент,
Кафедра «Нанотехнологии и
микросистемная техника»
должность, название кафедры



А.А.Коронов
инициалы, фамилия

Руководитель программы
Доцент,
Кафедра «Нанотехнологии и
микросистемная техника»
должность, название кафедры



С.В.Агасиева
инициалы, фамилия

ИО заведующего кафедрой
Доцент,
Кафедра «Нанотехнологии и
микросистемная техника»
должность, название кафедры



С.В.Агасиева
инициалы, фамилия