

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 31.05.2023 23:44:47  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»  
Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Технология изготовления устройств nano- и микросистемной техники**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

**28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

**Нанотехнологии (совместно с Казахским национальным университетом им. Аль-Фараби)**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники» является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области технологического технологических процессов планарной технологии; основных приемов формирования структур элементов интегральных схем; принципов действия технологического оборудования и режимов выполнения технологических операций. Теоретические, расчетные и практические положения дисциплины изучаются в процессе работы над лекционным курсом, при выполнении практических работ, и самостоятельной работе с учебной и технической литературой.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

| Шифр | Компетенция   | Индикаторы достижения компетенции<br>(в рамках данной дисциплины)  |
|------|---|--|
| ПК-5 | Способность разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик | ПК-5.1. Знает основные технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами                               |
|      |   | ПК-5.2. Умеет проводить исследования характеристик наноструктурированных покрытий с заданными свойствами                           |
|      |   | ПК-5.3. Владеет методами разработки технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами                  |
| ПК-7 | Способность разрабатывать современные технологические процессы изготовления нанoeлектронных изделий   | ПК-7.1. Знает основные современные технологические процессы изготовления нанoeлектронных изделий                                   |
|      |   | ПК-7.2. Владеет навыками разработки современных технологических процессов изготовления нанoeлектронных изделий                     |
| ПК-8 | Способность разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем                           | ПК-8.1. Знает основные современные технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем         |
|      |   | ПК-8.2. Владеет навыками разработки новых технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем |

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

| Шифр | Наименование компетенции  | Предшествующие дисциплины/модули, практики* | Последующие дисциплины/модули, практики*   |
|------|---|---|--|
| ПК-5 | Способность разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик | Аддитивные технологии                       | Технология производства гетероструктурных интегральных схем<br>Строение и химические свойства наночастиц<br>Углеродные наноструктурированные материалы на основе растительного сырья<br>Технологическая практика<br>Преддипломная практика<br>Государственный экзамен<br>Выпускная квалификационная работа |
| ПК-7 | Способность разрабатывать современные технологические процессы изготовления наноэлектронных изделий   | Материалы наноструктурных установок         | Технология производства гетероструктурных интегральных схем<br>Строение и химические свойства наночастиц<br>Углеродные наноструктурированные материалы на основе растительного сырья<br>Технологическая практика<br>Преддипломная практика<br>Государственный экзамен<br>Выпускная квалификационная работа |
| ПК-8 | Способность разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем                           | Аддитивные технологии                       | Технология производства гетероструктурных интегральных схем<br>Технологическая практика<br>Преддипломная практика<br>Государственный экзамен<br>Выпускная квалификационная работа  |

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники» составляет 5 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

| Вид учебной работы       | ВСЕГО,<br>ак.ч. | Семестр(-ы) |    |   |   |
|--------------------------|-----------------|-------------|----|---|---|
|                          |                 | 1           | 2  | 3 | 4 |
| Контактная работа, ак.ч. | 51              |             | 51 |   |   |
| Лекции (ЛК)              | 34              |             | 34 |   |   |
| Лабораторные работы (ЛР) | -               |             | -  |   |   |

| Вид учебной работы                        | ВСЕГО,<br>ак.ч. | Семестр(-ы) |     |   |   |
|---|-----------------|-------------|-----|---|---|
|   |                 | 1           | 2   | 3 | 4 |
| Практические/семинарские занятия (СЗ)     | 17              |             | 17  |   |   |
| Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч. | 93              |             | 93  |   |   |
| Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч. | 36              |             | 36  |   |   |
| Общая трудоемкость дисциплины             | ак.ч.           | 180         | 180 |   |   |
|   | зач.ед.         | 5           | 5   |   |   |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

| Наименование раздела дисциплины                            | Содержание раздела (темы)  | Вид учебной работы* |
|--|--|---------------------|
| Раздел 1. Понятие технологии микро- и нанoeлектронных схем | Тема 1.1. Основные технологические процессы. Планарная технология. Характеристика современной технологии ИМС   | ЛК, СЗ              |
| Раздел 2. Подготовка полупроводниковых подложек            | Тема 2.1. Ориентирование кристаллов. Механическая обработка;   | ЛК, СЗ              |
| Раздел 3. Легирование полупроводниковых подложек           | Тема 3.1. Диффузия примесей в полупроводник. Диффузия в потоке газа-носителя. Измерение параметров диффузионных слоев. Легирование полупроводников ионным внедрением. Радиационные эффекты в кремнии. Отжиг имплантированного кремния.   | ЛК, СЗ              |
| Раздел 4. Нанесение пленок на поверхность подложек         | Тема 4.1. Эпитаксиальное наращивание кремния. Хлоридный и гидридный методы эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия кремния. Термическое окисление кремния. Вакуумное напыление. Схема вакуумной установки. Ионно-плазменное напыление тонких плёнок. Магнетронные системы напыления. Химическое осаждение тонких плёнок из газовой фазы.  | ЛК, СЗ              |
| Раздел 5. Получение рисунка элементов интегральных схем    | Тема 5.1. Ионно-плазменное травление. Фотолитография. Позитивные и негативные фоторезисты. Методы создания фотошаблонов. Электронолитография. Особенности литографии нанометровых размеров.  | ЛК, СЗ              |
| Раздел 6. Типовой технологический процесс                  | Тема 6.1. Изоляция элементов в интегральных микросхемах. Изоляция p-n переходом. Изоляция диэлектрическими плёнками. Локальное окисление. Типовой технологический процесс изготовления изопланарной биполярной СБИС. Типовой технологический процесс изготовления n-канальных МОП СБИС. Металлизация ИС. Разводка на основе плёнок алюминия. Сборка интегральных микросхем. Методы присоединения кристаллов. Метод термокомпрессии, ультразвуковой сварки. | ЛК, СЗ              |

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Тип аудитории                          | Оснащение аудитории  | Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости) |
|--|--|--|
| Лекционная                             | Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.  |  |
| Семинарская                            | Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.                      |  |
| Компьютерный класс                     | Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ___шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций. |  |
| Для самостоятельной работы обучающихся | Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.   |  |

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 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

### Дополнительная литература:

1. Мочалкина О.Р.;Березин А.С.  
Технология и конструирование интегральных микросхем: Учеб. пособие для вузов, Березин А.С., Мочалкина О.Р., М., Радио и связь, 1992.
2. Курносов А.И.;Юдин В.В.  
Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: учеб. пособие для вузов, А. И. Курносов, В. В. Юдин, М., Высш.школа, 1986.
3. Таиров Ю.М.;Пичугин И.Г.

Технология полупроводниковых приборов : , И.Г. Пичугин; Учеб.пособие для вузов, М., Высш.школа, 1984.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

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](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС «Троицкий мост»

2. 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.elsevierscience.ru/products/scopus/>

- РИНЦ - национальная библиографическая база данных научного цитирования  
<https://elibrary.ru/authors.asp>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Ассистент кафедры нанотехнологий  
и микросистемной техники

Должность, БУП



Подпись

П.А. Михалев

Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Заведующий кафедрой  
«Нанотехнологии и  
микросистемная техника»

Наименование БУП



Подпись

С.В. Попов

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:  
Доцент кафедры «Нанотехнологии  
и микросистемная техника»**

Должность, БУП



Подпись

**С.В. Агасиева**

Фамилия И.О.