

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.06.2023 01:03:31  
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 наноустройств**

(наименование дисциплины/модуля)

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

**28.03.02 Наноинженерия**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

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

**Нанотехнологии и наноматериалы в приборостроении**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2023 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Технология изготовления наноустройств» является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области нанотехнологий и микросистемной техники, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Изучение дисциплины «Технология изготовления наноустройств» предусматривает приобретение навыков производства наноустройств и оценки их качества. Предусматривается изучение физических явлений, происходящих на различных этапах процесса напыления и роста изготовления наноустройств; существующих теорий роста наноэлектронной покрытий, рассмотрению современных методов роста и контроля качества наноустройств, их возможностей и ограничений; взаимосвязи физических свойств наноэлектронной покрытий со структурой и дефектами.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Технология изготовления наноустройств» 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 (в рамках данной дисциплины)
ПК-3	Способен организовывать и проводить экспериментальные исследования технологических модулей и процессов	ПК-3.1 Знает методики проведения экспериментальных исследований технологических модулей и процессов
		ПК-3.2 Владеет методами экспериментальных исследований технологических модулей и процессов
ПК-8	Способен осуществлять подготовку технических решений по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем	ПК-8.1 Знает типовые технические решения по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
		ПК-8.2 Умеет осуществлять подготовку технических решений по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Технология изготовления наноустройств» относится к элективной 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 наноустройств».

*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-3	Способен организовывать		Основы проектирования лазеров

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	и проводить экспериментальные исследования технологических модулей и процессов		Методы диагностики в нанотехнологиях Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика
ПК-8	Способен осуществлять подготовку технических решений по оптимизации технологического процесса изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем		Основы инженерной экономики и менеджмента Моделирование полупроводниковых наноструктур для информационных систем Математическое моделирование полупроводниковых лазеров Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) Технологическая практика Преддипломная практика

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

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

Общая трудоемкость дисциплины «Технология изготовления наноустройств» составляет 4 зачетных единиц.

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

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		5	6
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72	72	
в том числе:			
Лекции (ЛК)	36	36	
Лабораторные работы (ЛР)	36	36	
Практические/семинарские занятия (СЗ)			
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	81	81	
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27	27	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>180</b>	<b>180</b>
	зач.ед.	<b>5</b>	<b>5</b>

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для ЗАОЧНОЙ формы обучения\*

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		5	6
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	16	16	
в том числе:			
Лекции (ЛК)	10	10	

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		5	6
Лабораторные работы (ЛР)	6	6	
Практические/семинарские занятия (СЗ)			
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	155	155	
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	9	9	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	180	180
	зач.ед.	5	5

\* - заполняется в случае реализации программы в заочной форме

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Основные типы наноустройств и методы их производства	Тема 1.1. Области применения наноустройств. Классификация наноустройств. Отличительные особенности тонкопленочного состояния вещества. Термическое и электронно-лучевое испарение. Химическая газофазная эпитаксия. Лазерная эпитаксия. Жидкофазная эпитаксия. Ионно-плазменные методы. Плазмохимическое осаждение. Молекулярно-лучевая эпитаксия.	ЛК, ЛР
Раздел 2. Свойства наноустройств и их исследования	Тема 2.1. Классификация методов диагностики и контроля. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Электронные микроскопия и спектроскопия. Взаимодействие света с веществом. Эллипсометрия. Сканирующая зондовая микроскопия.	ЛК, ЛР

## 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.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского	

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	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. Технология тонких пленок и покрытий: учебное пособие / Л. Н. Маскаева, Е. А. Федорова, В. Ф. Марков ; под общей редакцией Л. Н. Маскаевой ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. — 236 с. — ISBN 978-5-7996-2560-3.

2. Антоненко С. В. Технология тонких пленок : учебное пособие / С. В. Антоненко. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2008. — 104 с. — ISBN 978-5-7262-1036-0.

3. Технология тонких пленок : справ. : в 2 т. / под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга ; пер. с англ. под ред. М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. — М. : Сов. радио, 1977. — Т. 1. — 664с.

4. Технология тонких пленок : справ. : в 2 т. / под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга ; пер. с англ. под ред. М. И. Елинсона, Г. Г. Смолко. — М. : Сов. радио, 1977. — Т. 2. — 768с.

5. Применение инфракрасной спектроскопической эллипсометрии в нанотехнологиях: монография / М.О. Макеев, С.А. Мешков, Ю.А. Иванов. — Москва: РУДН, 2018. — 144 с.

6. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учебное пособие для студентов старших курсов / Институт физики микроструктур РАН. Нижний

Новгород, 2004. 114 с.

7. В.А. Швец, Е.В. Спесивцев. Эллипсометрия. Учебно-методическое пособие к лабораторным работам. / Новосибирск, издательство НГУ, 2013. 87 с.

8. Взаимодействие электронного пучка с образцом. ФТИ им. А.Ф. Иоффе. 2010. [http://phys.spbau.ru/files/ElBeamInt\\_v.n1.0\\_1.pdf](http://phys.spbau.ru/files/ElBeamInt_v.n1.0_1.pdf)

9. Дьячков, П. Н. Электронные свойства и применение нанотрубок : монография / П. Н. Дьячков. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 491 с. — (Нанотехнологии). — ISBN 978-5-00101-842-1

#### *Дополнительная литература*

1. Ellipsometry Tutorial с сайта [www.jawoollam.com](http://www.jawoollam.com).
2. Эвелина Никельшпарг. Спектроскопия КР: новые возможности старого метода. 2015. <https://biomolecula.ru/articles/spektroskopii-kr-novye-vozmozhnosti-starogo-metoda>
3. Денис Курек. Атомно-силовая микроскопия: увидеть, прикоснувшись. <https://biomolecula.ru/articles/atomno-silovai-mikroskopii-uvidet-prikosnuvshis>
4. Анастасия Тительмаер. Лучше один раз увидеть, или микроскопия сверхвысокого разрешения. 2012. <https://biomolecula.ru/articles/luchshe-odin-raz-uvidet-ili-mikroskopii-sverkhvysokogo-razresheniia>
5. Основные принципы анализа размеров частиц. Dr. Alan Rawle, Malvern Instruments Limited.

#### *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/>

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

1. Курс лекций по дисциплине «Технология изготовления наноустройств».

\* - 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

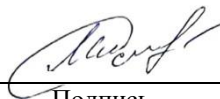
Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Технология изготовления наноустройств» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

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

### РАЗРАБОТЧИКИ:

**Профессор кафедры нанотехнологий и микросистемной техники**

Должность, БУП



Подпись

**А.А. Мармалюк**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:  
Заведующий кафедрой нанотехнологий и микросистемной техники**

Наименование БУП



Подпись

**С.В. Попов**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:  
Доцент кафедры нанотехнологий и микросистемной техники**

Должность, БУП



Подпись

**М.О. Макеев**

Фамилия И.О.