

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.06.2022 11:51:45  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

**Инженерная академия**

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

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Технология нанесения тонких пленок**

(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):**

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

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Технология нанесения тонких пленок» 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 нанесения тонких пленок» предусматривает приобретение навыков напыления тонких пленок и оценки их качества. Предусматривается изучение физических явлений, происходящих на различных этапах процесса напыления и роста пленок; существующих теорий роста тонких пленок, рассмотрению современных методов роста и контроля качества пленок, их возможностей и ограничений; взаимосвязи физических свойств тонких пленок со структурой и дефектами.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Технология нанесения тонких пленок» 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)
ОПК-4	Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	ОПК-4.1. Знает основные подходы к выполнению исследований при решении инженерных и научно-технических задач, знает принципы планирования и постановки сложного эксперимента
		ОПК-4.2. Умеет применять основные подходы на базе последних достижений науки и техники к решению инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента
		ОПК-4.3. Владеет методами для проведения оценки эффективности сложного эксперимента и интерпретации результатов
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-7.1. Знает основные современные технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
		ПК-7.2. Владеет навыками разработки новых технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Технология нанесения тонких пленок» 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 нанесения тонких пленок».

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

<b>Шифр</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Предшествующие дисциплины/модули, практики*</b>	<b>Последующие дисциплины/модули, практики*</b>
ОПК-4	Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	Диагностические системы в нанотехнологиях Научно-исследовательская работа	Технологическая практика
ПК-5	Способность разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик	Аддитивные технологии Оптические измерения Диагностические системы в нанотехнологиях Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники Технология производства гетероструктурных интегральных схем Технологии производства оптоэлектронной базы Технологии изготовления лазеров на основе наноструктур	Технологическая практика Преддипломная практика
ПК-7	Способность разрабатывать современные технологические процессы изготовления наноэлектронных изделий	Аддитивные технологии Материалы наноструктурных установок Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники Технология производства гетероструктурных интегральных схем Технологии производства оптоэлектронной базы Технологии изготовления лазеров на основе наноструктур	Технологическая практика Преддипломная практика
ПК-8	Способность разрабатывать новые	Аддитивные технологии Технология изготовления	Технологическая практика Преддипломная практика

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем	устройств нано- и микросистемной техники Технология производства гетероструктурных интегральных схем Технологии производства оптоэлектронной базы Технологии изготовления лазеров на основе наноструктур	

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

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

Общая трудоемкость дисциплины «Технология нанесения тонких пленок» 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)			
		1	2	3	4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54			54	
Лекции (ЛК)	36			36	
Лабораторные работы (ЛР)	-			-	
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18			18	
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	63			63	
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27			27	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>144</b>		<b>144</b>	
	зач.ед.	<b>4</b>		<b>4</b>	

#### 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 тонких пленок и методы их формирования	Тема 1.1. Области применения тонких плёнок. Классификация пленок и покрытий. 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, СЗ
Раздел 2. Свойства тонких плёнок 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, 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. 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. – 664 с.
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. – 768 с.

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/EIBeamInt\\_v.n1.0\\_1.pdf](http://phys.spbau.ru/files/EIBeamInt_v.n1.0_1.pdf)

*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/spektroskopiia-kr-novye-vozmozhnosti-starogo-metoda>
3. Денис Курек. Атомно-силовая микроскопия: увидеть, прикоснувшись. <https://biomolecula.ru/articles/atomno-silovaia-mikroskopiia-uidet-prikosnuvshis>
4. Анастасия Тительмаер. Лучше один раз увидеть, или микроскопия сверхвысокого разрешения. 2012. <https://biomolecula.ru/articles/luchshe-odin-raz-uidet-ili-mikroskopiia-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/>

- 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 нанесения тонких пленок».

\* - 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 «Основы применения нанотехнологий и микросистемной техники» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

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

### РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент кафедры нанотехнологий и микросистемной техники

\_\_\_\_\_  
Должность, БУП

  
\_\_\_\_\_  
Подпись

М.О. Макеев

\_\_\_\_\_  
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

С.В. Агасиева

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.