

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 21.05.2026 16:33:14  
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 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):**

#### **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОПТО-, НАНО- И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2026 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Технология нанесения тонких пленок» входит в программу магистратуры «Новые материалы и технологии опто-, нано- и микроэлектроники» по направлению 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» и изучается в 3 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Базовая кафедра «Нанотехнологии и микросистемная техника». Дисциплина состоит из 2 разделов и 2 тем и направлена на 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.

Целью освоения дисциплины 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.

## 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<br>(в рамках данной дисциплины)   |
|------|--|---|
| ПК-5 | Способен 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;<br>ПК-5.2 Умеет проводить исследования характеристик наноструктурированных покрытий с заданными свойствами;<br>ПК-5.3 Владеет методами разработки технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами; |
| ПК-7 | Способен разрабатывать современные технологические процессы изготовления нанoeлектронных изделий   | ПК-7.1 Знает основные современные технологические процессы изготовления нанoeлектронных изделий;<br>ПК-7.2 Владеет навыками разработки современных технологических процессов изготовления нанoeлектронных изделий;  |
| ПК-8 | Способен разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем                           | ПК-8.1 Знает основные современные технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем;<br>ПК-8.2 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 обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования 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

| Шифр | Наименование компетенции   | Предшествующие дисциплины/модули, практики*  | Последующие дисциплины/модули, практики*             |
|------|--|--|--|
| ПК-7 | Способен разрабатывать современные технологические процессы изготовления наноэлектронных изделий   | Технологическая практика;<br>Материалы наноструктурных установок;<br><i>Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники**;</i><br><i>Технология производства наноэлектронных устройств**;</i> | Технологическая практика;<br>Преддипломная практика; |
| ПК-8 | Способен разрабатывать новые технологические процессы производства микро- и наноразмерных электромеханических систем                           | Технологическая практика;<br>Аддитивные технологии;<br><i>Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники**;</i><br><i>Технология производства наноэлектронных устройств**;</i>               | Технологическая практика;<br>Преддипломная практика; |
| ПК-5 | Способен разрабатывать технологии изготовления наноструктурированных покрытий с заданными свойствами и проводить исследования их характеристик | Аддитивные технологии;<br><i>Технология изготовления устройств нано- и микросистемной техники**;</i><br><i>Технология производства наноэлектронных устройств**;</i><br>Технологическая практика;               | Технологическая практика;<br>Преддипломная практика; |

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

\*\* - элективные дисциплины /практики

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

Общая трудоемкость дисциплины «Технология нанесения тонких пленок» составляет «5» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

| Вид учебной работы                               | ВСЕГО, ак.ч.   |            | Семестр(-ы) |
|--|----------------|------------|-------------|
|  |                |            | 3           |
| <i>Контактная работа, ак.ч.</i>                  | 54             |            | 54          |
| Лекции (ЛК)                                      | 36             |            | 36          |
| Лабораторные работы (ЛР)                         | 0              |            | 0           |
| Практические/семинарские занятия (СЗ)            | 18             |            | 18          |
| <i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i> | 99             |            | 99          |
| <i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i> | 27             |            | 27          |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>             | <b>ак.ч.</b>   | <b>180</b> | <b>180</b>  |
|  | <b>зач.ед.</b> | <b>5</b>   | <b>5</b>    |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

| Номер раздела | Наименование раздела дисциплины                      | Наименование темы |  | Содержание темы   | Вид учебной работы* |
|---------------|--|-------------------|--|---|---------------------|
| Раздел 1      | Основные типы тонких пленок и методы их формирования | 1.1               | Технологические основы синтеза и классификации тонкопленочных систем | 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. Ионноплазменные методы. Плазмохимическое осаждение. Молекулярно-лучевая эпитаксия. | ЛК, СЗ              |
| Раздел 2      | Свойства тонких плёнок и их исследования             | 2.1               | Методология анализа физических свойств и контроля параметров пленок  | Классификация методов диагностики и контроля. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Электронные микроскопия и спектроскопия. Взаимодействие света с веществом. Эллипсометрия. Сканирующая зондовая микроскопия.   | ЛК, СЗ              |

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

## 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.   | Нет  |
| 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. | Нет  |
| Для самостоятельной работы | Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.                                  | Нет  |

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

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Микроэлектроника. Функциональные элементы и устройства на основе резистивно-емкостных сред: учебник для вузов / А. Х. Гильмутдинов, Д. В. Шахтурин, П. А. Ушаков. — Москва: Лань, 2025.
2. Расчеты процессов очистки и получения пленок и слоев методами физического и химического осаждения: учебное пособие / Г. И. Липатов. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2021.
3. Axelevitch A. Thin Films Technology: Practical Manual for the Laboratory Works. — 2022.
4. Ukoba K., Jen T. C. Thin films, atomic layer deposition, and 3D Printing: demystifying the concepts and their relevance in industry 4.0. — CRC Press, 2023.
5. Свирина, Л. П. Оптика: учебное пособие / Л. П. Свирина. — Минск: БНТУ, 2022. — 337 с. — ISBN 978-985-583-269-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/325634>
6. Технология тонких пленок и покрытий: учебное пособие / Л. Н. Маскаева, Е. А. Федорова, В. Ф. Марков; под общ. ред. Л. Н. Маскаевой. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2019. — 236 с. — ISBN 978-5-7996-2560-3.
7. Бунтов, Е. А. Современные устройства и элементы наноэлектроники: учебно-методическое пособие / Е. А. Бунтов, А. С. Вохминцев, Т. В. Штанг. — 2-е изд., стер. —

Москва: ФЛИНТА: Изд-во Урал. ун-та, 2022. — 132 с. — ISBN 978-5-9765-5036-0.

8. 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.

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

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

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

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

13. Миронов, В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие / Институт физики микроструктур РАН. — Нижний Новгород, 2004. — 114 с.

14. Швец, В. А. Эллипсометрия: учебно-методическое пособие к лабораторным работам / В. А. Швец, Е. В. Спесивцев. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2013. — 87 с.

15. Взаимодействие электронного пучка с образцом. — ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 2010. — URL: [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. — URL: [www.jawoollam.com](http://www.jawoollam.com).

2. Никельшпарг, Э. Спектроскопия КР: новые возможности старого метода. — 2015. — URL: <https://biomolecula.ru/articles/spektroskopii-kr-novye-vozmozhnosti-starogometoda>

3. Курек, Д. Атомно-силовая микроскопия: увидеть, прикоснувшись. — URL: <https://biomolecula.ru/articles/atomno-silovaia-mikroskopii-uidetprikosnuvshis>

4. Тительмаер, А. Лучше один раз увидеть, или микроскопия сверхвысокого разрешения. — 2012. — URL: [biomolecula.ru](http://biomolecula.ru)

5. Rawle, A. Основные принципы анализа размеров частиц / Dr. Alan Rawle, Malvern Panalytical.

*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

<https://mega.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 «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- Sage <https://journals.sagepub.com/>

- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>

- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>

- Наукометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

*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!**

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент

*Должность, БУП*

*Подпись*

Короннов Алексей

Алексеевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Заведующий кафедрой

*Должность БУП*

*Подпись*

Попов Сергей Викторович

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Доцент

*Должность, БУП*

*Подпись*

Агасиева Светлана

Викторовна

*Фамилия И.О.*