

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 05.06.2025 09:59:02
Уникальный программный ключ:
sa953a0120c891083f939673078ef1a989das18a

**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 / 27.04.04 Управление
в технических системах**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

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

НАНОТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2025 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Технология нанесения тонких пленок» входит в программу магистратуры «Нанотехнологии и искусственный интеллект» по направлениям 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника / 27.04.04 Управление в технических системах и изучается в 3 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Базовая кафедра «Нанотехнологии и микросистемная техника». Дисциплина состоит из 2 разделов и 16 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 (в рамках данной дисциплины)
ОПК-5	Способен разрабатывать методики и выполнять исследования и эксперименты на действующих объектах с обработкой результатов на основе информационных технологий и технических средств, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку, оценку эффективности и интерпретацию результатов.	ОПК-5.1 Знает основные подходы к выполнению исследований при решении инженерных и научно-технических задач, знает принципы планирования и постановки сложного эксперимента; ОПК-5.2 Умеет применять основные подходы на основе информационных технологий и технических средств к решению инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента; ОПК-5.3 Владеет методами для проведения оценки эффективности сложного эксперимента и интерпретации результатов;
ОПК-7	Способен разрабатывать, актуализировать и руководить разработкой методических и нормативных документов, научно-технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, нанотехнологий и микросистемной техники, в том числе по жизненному циклу продукции и ее качеству.	ОПК-7.1 Знаком с основными подходами к разработке методических и нормативных документов, технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, нанотехнологий и микросистемной техники; ОПК-7.2 Владеет подходами для руководства разработкой технической документации и нормативных документов в области автоматизации технологических процессов и производств, нанотехнологий и микросистемной техники, в том числе по жизненному циклу продукции и ее качеству;

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*
ОПК-5	Способен разрабатывать методики и выполнять исследования и эксперименты на действующих объектах с обработкой результатов на основе информационных технологий и технических средств, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку, оценку эффективности и интерпретацию результатов.	Научно-исследовательская работа (научно-исследовательская деятельность в области искусственного интеллекта); Технологическая практика;	Технологическая практика;
ОПК-7	Способен разрабатывать, актуализировать и руководить разработкой методических и нормативных документов, научно-технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, нанотехнологий и микросистемной техники, в том числе по жизненному циклу продукции и ее качеству.	Научно-исследовательская работа (научно-исследовательская деятельность в области искусственного интеллекта); Технологическая практика;	Технологическая 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 «6» 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
Контактная работа, ак.ч.	72		72
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36		36
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	108		108
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	36		36
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	216	216
	зач.ед.	6	6

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Основные типы тонких пленок и методы их формирования	1.1	Области применения тонких плёнок	ЛК, СЗ
		1.2	Классификация пленок и покрытий	ЛК, СЗ
		1.3	Отличительные особенности тонкопленочного состояния вещества	ЛК, СЗ
		1.4	Термическое и электронно-лучевое испарение	ЛК, СЗ
		1.5	Химическая газофазная эпитаксия	ЛК, СЗ
		1.6	Лазерная эпитаксия	ЛК, СЗ
		1.7	Жидкофазная эпитаксия	ЛК, СЗ
		1.8	Ионноплазменные методы	ЛК, СЗ
		1.9	Плазмохимическое осаждение	ЛК, СЗ
		1.10	Молекулярно-лучевая эпитаксия	ЛК, СЗ
Раздел 2	Свойства тонких плёнок и их исследования	2.1	Классификация методов диагностики и контроля	ЛК, СЗ
		2.2	Взаимодействие электронного пучка с образцом	ЛК, СЗ
		2.3	Электронные микроскопия и спектроскопия	ЛК, СЗ
		2.4	Взаимодействие света с веществом	ЛК, СЗ
		2.5	Эллипсометрия	ЛК, СЗ
		2.6	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.	
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.	
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.	

* - 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
- <https://e.lanbook.com/book/325634>
6. 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.
7. Бунтов, Е. А. Современные устройства и элементы наноэлектроники : учебнометодическое 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 (ФЛИНТА) ; ISBN 978-5-7996-3090-4 (Изд-во Урал. ун-та)
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 : 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.
11. 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 6 6 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 для студентов старших курсов / Институт физики микроструктур РАН. Нижний Новгород, 2004. 114 с.
14. В.А. Швец, Е.В. Спесивцев. Эллипсометрия. Учебно-методическое пособие к лабораторным работам. / Новосибирск, издательство НГУ, 2013. 87 с.
15. Взаимодействие электронного пучка с образцом. ФТИ им. А.Ф. Иоффе. 2010
- http://phys.spbau.ru/files/ElBeamInt_v.n1.0_1.pdf

Дополнительная литература:

1. Ellipsometry Tutorial с сайта www.jawoollam.com.
2. Эвелина Никельшпарг. Спектроскопия КР: новые возможности старого метода. 2015
- <https://biomolecula.ru/articles/spektroskopiiia-kr-novye-vozmozhnosti-starogometoda>

3. Денис Курек. Атомно-силовая микроскопия: увидеть, прикоснувшись
- <https://biomolecula.ru/articles/atomno-silovaia-mikroskopiia-uvidet-prikosnuvshis>

4. Анастасия Тительмаер. Лучше один раз увидеть, или микроскопия сверхвысокого разрешения. 2012
- <https://biomolecula.ru/articles/luchshe-odin-raz-uvidet-ilimikroskopiia-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
<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
- 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/>
- Научометрическая 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		Короннов Алексей Алексеевич
<i>Должность, БУП</i>	<i>Подпись</i>	<i>Фамилия И.О.</i>

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой		Попов Сергей Викторович
<i>Должность БУП</i>	<i>Подпись</i>	<i>Фамилия И.О.</i>

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Доцент		Агасиева Светлана Викторовна
<i>Должность, БУП</i>	<i>Подпись</i>	<i>Фамилия И.О.</i>
Заведующий кафедрой механики и процессов управления		Разумный Юрий Николаевич
<i>Должность, БУП</i>	<i>Подпись</i>	<i>Фамилия И.О.</i>