

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Ивановский государственный политехнический университет"**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

Технологические процессы наноинженерии

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	ЕНИТБ (Естественных наук и техносферной безопасности)		
Учебный план	28.03.02 Наноинженерия; 08.03.01 Строительство		
Направленность (профиль)	Инженерия нанокompозитных материалов в строительстве		
Квалификация	бакалавр		
Форма обучения	очная		
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	128	Виды контроля в семестрах: экзамен, 5 семестр	
в том числе:			
аудиторные занятия	46		
самостоятельная работа	50		
часов на контроль	32		

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	5		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Практические	14	14	14	14
Итого ауд.	46	46	46	46
Контактная работа	46	46	46	46
Сам. работа	50	50	50	50
Часы на контроль	32	32	32	32
Итого	128	128	128	128

Программу составил(и):

Бондаренко Л.И., доцент, _____

Рецензент(ы):

Пророкова Н.П., профессор, _____

Рабочая программа дисциплины

Технологические процессы наноинженерии

Разработана в соответствии с ФГОС ВО

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. N 923

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (Приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 481)

составлена на основании учебного плана

28.03.02 Наноинженерия; 08.03.01 Строительство

утвержденного ученым советом вуза от 26.03.2026 протокол №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

ЕНиТБ (Естественных наук и техносферной безопасности)

Зав. кафедрой И.В. Красильников _____

Согласовано

Зав. выпускающей кафедрой ЕНиТБ Красильников И.В. _____

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Цели:	Цель дисциплины познание особенностей технологических систем в нанотехнологии, их особенностей и диагностику
Задачи:	- изучение физико-химических явлений, сопровождающих операции технологического процесса, методику выполнения базовых технологических процессов: эпитаксии, избирательного легирования, литографии, химической и ионно-плазменной обработки; - изучение принципов расчета технологических параметров операций технологического процесса производства микросхем, принципов проектирования технологических маршрутов основных типов интегральных микросхем, особенностей устройства и применения технологического оборудования; - изучение методик контроля технологических параметров и параметров формируемых структур.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О.03.05
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
	Дисциплина «Технологические системы в нанотехнологии» базируется на результатах изучения дисциплин: «Математика», «Физика», «Квантовая механика» и «Физика конденсированного состояния». Для успешного усвоения дисциплины обучающийся должен Знать: - основные законы неорганической, органической и физической химии, иметь понятие о механизмах химических реакций, строении атома; - дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения, ряды, элементы теории вероятностей. Уметь: - собирать, систематизировать и анализировать научно-техническую и другую профессиональную информацию в области технических и диагностических систем для нанотехнологий; - включать приобретенные знания о технических и диагностических системах в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных методических разработках; Владеть: - методами поиска и обмена информацией в локальных и глобальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами; - методами проведения физических и химических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении научного эксперимента.
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
	Раздел 4. Реализация процессов синтеза нанокompозитных материалов Наноструктурированные бетоны Производственная практика (преддипломная практика)

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ	
ОПК-дк-5:Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	
ОПК-дк-5.1. Определяет перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающее безопасное производство при изготовлении наноматериалов и изделий из них	
ОПК-дк-5.2. Оценивает технологии изготовления наноматериалов и изделий из них с позиции безопасности и эффективности	
ОПК-дк-10:Способен использовать в профессиональной деятельности распорядительную и проектную документацию, а также нормативные правовые акты в области строительства, строительной индустрии и жилищно- коммунального хозяйства	
ОПК-дк-10.1. Выбор нормативно-правовых и нормативно-технических документов, регулирующих деятельность в области инженерии нанокompозиционных строительных материалов	
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:	
Знать:	- основные классы наноматериалов, их свойства и области применения, принципы выбора материалов, основные технологические процессы производства и обработки наноматериалов, закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах, влияние структурных характеристик на свойства материалов, методы и средства измерения физических и химических величин; - основы теории технических систем (ТС); - требования к системам управления технологическими объектами; - функциональное назначение технических средств, входящих в состав систем автоматического управления (систем стабилизации, программного регулирования, следящих систем, систем экстремального регулирования); - принципы построения и функционирования автоматизированных систем управления; - основные методы и технические средства автоматизации типовых технологических процессов; - устройство и принципы работы основного оборудования для процессов получения нанодисперсионных порошков, фуллеренов, наноструктурных твердых, жидких и гелеобразных материалов; - технологического оборудования получения наноструктурных и градиентных упрочняющих, защитных и функциональных слоев и покрытий; - технологического оборудования получения наноразмерных гетероструктур, наноразмерных элементов и объектов, приборов и интегральных схем нанoeлектроники.

Уметь:	- выбирать материалы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий, выбирать материалы и технологические процессы для решения задач профессиональной деятельности, определять физические, химические, механические свойства материалов при различных видах испытаний, прогнозировать на основе информационного поиска конкурентную способность материалов и технологий; - проводить анализ и разработку структурных и принципиальных схем современных электронных устройств; выполнять расчеты электронных схем, включая средства автоматизированного проектирования; - осуществлять анализ и расчет надежности ТС; - разрабатывать процедуры направленные на контроль надежности ТС; - осуществлять действия направленные на повышение надежности ТС.
Владеть:	способностью осуществлять подбор наноструктур и методов их производства для реализации нанообъектов с заданными характеристиками под конкретные требования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Вводная лекция. Миниатюризация объектов наноинженерии.			
/Лек/	5	4	
/Пр/	5	0	
/СР/	5	0	
Раздел 2. Требования к основным технологическим процес-сам и применяемому оборудованию			
/Лек/	5	4	
/Пр/	5	2	
/СР/	5	5	
Раздел 3. Формирование покрытий			
/Лек/	5	4	
/Пр/	5	2	
/СР/	5	5	
Раздел 4. Травление покрытий			
/Лек/	5	10	
/Пр/	5	6	
/СР/	5	20	
Раздел 5. Ионная имплантация			
/Лек/	5	4	
/Пр/	5	2	
/СР/	5	10	
Раздел 6. Герметизация микро- и наносборок			
/Лек/	5	6	
/Пр/	5	2	
/СР/	5	10	
/Эк/	5	32	

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В рамках внутренней системы оценки качества подготовки для текущего контроля и промежуточной аттестации в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся (очной формы обучения). При реализации образовательной программы в университете применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. Для проведения аудиторной и внеаудиторной контактной работы используются технологии видеоконференцсвязи. Для проведения всех видов занятий используется электронная информационно-образовательная среда вуза. Чтение лекций по данной дисциплине может проводиться как в классическом виде (монолог, монолог-диалог, проблемное изложение), так и с использованием мультимедийных презентаций. Презентация позволяет преподавателю четко структурировать материал лекции, экономить время, затрачиваемое на рисование на доске схем, написание формул и других сложных объектов, что дает возможность увеличить объем излагаемого материала. Кроме того, презентация позволяет очень хорошо иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, которые есть в учебниках, но и полноцветными фотографиями, рисунками, портретами ученых и т.д. Электронная презентация позволяет отобразить физические и химические процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала. Обучающимся предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к экзамену. При работе в малоконтингентной группе, сформированной из достаточно успешных студентов, целесообразно использовать диалоговую форму ведения лекций с использованием элементов практических занятий, постановкой и решением проблемных задач и т.д. Для подготовки к практическим занятиям обучающимся (индивидуально или по 2-3 человека) в начале семестра даются темы рефератов. Раскрыть тему реферата обучающийся может с использованием мультимедийных презентаций, демонстрацией интерактивных компьютерных моделей или (с помощью преподавателя) посредством демонстрационного эксперимента. В обсуждение темы и проекта включаются все обучающиеся, оценка выставляется с учетом полноты и доступности представляемого материала, оригинальности проекта и активности обучающегося при обсуждении других докладов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
Перечень оценочных средств: Вопросы к тесту 1. В каком году и кем был разработан и выпущен в продажу первый микропроцессор? 2. Какой закон существует и действует в микроэлектронике? 3. На какие типы различаются интегральные микросхемы по способу изготовления и получаемой структуре. 4. Какой элемент из числа полупроводниковых материалов получил наибольшее распространение для производства объектов наноинженерии.

5. Что является исходным сырьем для получения полупроводникового кремния высокой чистоты (с содержанием примесей меньше 10-6%).
6. Что представляет собой полупроводниковая ИС?
7. При изготовлении каких микросхем применяется процесс эпитаксии?
8. Назовите методы получения эпитаксиальных структур.
9. Перечислите типы эпитаксиального наращивания в зависимости от способа подвода вещества к подложке.
10. Какими законами описываются процессы диффузии?
11. Химические соединения каких элементов используют в качестве источников примеси при диффузии?
12. Назовите соединения, которые используются в качестве газообразных диффузانتов?
13. Какие виды дефектов содержит кристаллическая решетка полупроводникового материала?
14. Назовите методы, которые используются при формировании проводящих слоев?
15. Элементы каких групп периодической системы используют в качестве легирующих примесей?

Вопросы к экзамену

1. Миниатюризация объектов нанотехнологий. Поколения элементной базы микро- и наносистем. Закон Мура.
2. Классификация интегральных схем как объектов нанотехнологий.
3. Кремниевые подложки для интегральных схем.
4. Технология получения полупроводникового кремния.
5. Основные свойства полупроводниковых материалов, применяемых в технологических процессах формирования микро- и наноструктур.
6. Избирательное легирование полупроводниковых материалов.
7. Вакуумное осаждение тонких пленок. Физические основы термического вакуумного напыления.
8. Формирование объектов нанотехнологий эпитаксиальным наращиванием.
9. Литография в нанотехнологиях.
10. Пучковые и другие методы нанолитографии.
10. Рентгеновская литография. Шаблоны и резисторы для рентгеновской литографии.
11. Электронная литография.
12. Зондовые методы нанолитографии (СЗМ-литография).
13. Нанопечатная литография.
14. Методы литографии в нанотехнологиях.
15. Получение и очистка металлического кремния.
16. Получение тонких пленок и многослойных структур методом молекулярно-лучевой эпитаксии.
17. Толстопленочная технология производства объектов нанотехнологий.
18. Формирование объектов нанотехнологий эпитаксиальным наращиванием.
19. Технологические процессы в нанотехнологиях

Темы рефератов

1. Технология молекулярно-лучевой эпитаксии.
2. Технологические методы нанесения пленок для наноструктур.
3. Методы молекулярно-лучевой эпитаксии для изготовления слоистых гетероструктур.
4. Анализ современного состояния проектирования и технологии тонкопленочных микросборок
5. Состояние, проблемы и пути развития проектирования и технологии тонкопленочных элементов
6. Сопротивление контактов тонкопленочного резистора
7. Основные методы нанесения нанопокровов
8. Технология получения тонких пленок вакуумным напылением
9. Ионно-плазменные методы осаждения тонких пленок в вакууме
10. Технология получения тонких пленок вакуумным напылением

ФОС по дисциплине представлен в ПРИЛОЖЕНИИ к РПД.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1 Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л1.1	Лозовский, В. Н.	Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность : учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., ,	Санкт-Петербург : Лань, 2022,
Л1.2	Пухальский, Г.И.	Проектирование цифровых устройств : учебное пособие , ,	Санкт-Петербург : Лань, 2012,

7.1.2 Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	Пломодьяло, Р. Л.	Нанотехнологии. Получение, методы контроля и международная стандартизация наноматериалов : учебное пособие, ,	Краснодар : КубГТУ, 2018,

7.2. Электронные учебные издания и электронные образовательные ресурсы

E-learning Портал электронного образования ИВГПУ: <https://moodle.ivgpu.ru/>

7.3. Информационное обеспечение дисциплины

7.3.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

Лицензионное программное обеспечение вуза: Microsoft Windows XP Professional (Лицензия № 42475881 от 13.07.2007), Microsoft Windows 7 Professional (лицензия №49261729 от 04.11.2011, №64714165 от 30.01.2015), Microsoft Office Office Standart 2007 (Лицензия №44711992 от 21.10.2008), Microsoft Office Office Standart 2010 (Лицензия №64873126 от 03.06.2015)
Свободно распространяемое: Google Chrome, Opera, Mozilla Firefox, Libre Office, Open Office, Total Commander, 7-Zip, Foxit PDF Reader, GIMP и др.

7.3.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

7.3.2.1 ЭБС издательства "Лань", <https://e.lanbook.com/>

7.3.2.2 Электронная библиотека ИВГПУ, <https://lib.ivgpu.ru/>

7.3.2.3 ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн", <https://biblioclub.ru>

8. МТО (ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ)

В качестве материальной базы используются аудитории кафедры, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

1. Аудитория с мультимедийным оборудованием (проектором и ноутбуком).
2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Лекционные занятия

При изучении лекционного материала обучающимся полезно руководствоваться следующими правилами.

Необходимо составлять подробный конспект каждой лекции, записывая основные положения, математические выводы и обоснования, определения физических величин, формулировки законов, выполнять необходимые рисунки, графики, схемы.

Конспект составляется в тетради на одной стороне листа (или на каждой странице оставляются большие поля) для того, чтобы можно было вносить необходимые дополнения из рекомендуемой литературы.

Перед каждой следующей лекцией, перед практическим и лабораторным занятием необходима систематическая работа над конспектом лекции.

Если появятся непонятные вопросы, следует записать их, чтобы выяснить у преподавателя на консультации или обратиться к рекомендуемой литературе.

Практические занятия

Для подготовки к практическим занятиям обучающимся (индивидуально или по 2-3 человека) в начале семестра даются темы докладов. Раскрыть тему доклада обучающийся может с использованием мультимедийных презентаций, демонстрацией интерактивных компьютерных моделей или (с помощью преподавателя) посредством демонстрационного эксперимента. В обсуждение темы и проекта включаются вся группа, оценка выставляется с учетом полноты и доступности представляемого материала, оригинальности проекта и активности обучающегося при обсуждении других докладов.

Контроль самостоятельной работы обучающихся и качество освоения дисциплины осуществляется посредством:

- выступление с докладом;
- проведения экзамена.

10. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ООП ВО ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Преподавание дисциплины должно учитывать особенности познавательной деятельности и личностной особенности обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидов (по возможности на лекциях, семинарах, лабораторных работах и т.д.). Учет особенностей обучающихся с инвалидностью в полной мере проявляется на предусмотренных для таких обучающихся индивидуальных консультациях по дисциплине.

Необходимо во время преподавания в общей группе учитывать реальные возможности лиц с ОВЗ и инвалидов. Коррекция методики преподавания для данной группы лиц возможна на индивидуальных занятиях. Преподаватель должен учитывать физиологические особенности обучаемого и разработать рекомендации и приемы выполнения поставленной задачи индивидуально. Возможен подбор индивидуального задания с коррекцией уровня сложности выполняемого задания.

Специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья условия обучения, воспитания и развития таких обучающихся, включающие в себя использование специальных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания организаций, осуществляющих образовательную деятельность, и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение и дистанционные образовательные технологии должны предусматривать возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Необходимо учитывать тот факт, что обучающиеся не всегда имеют физическую возможность посещать занятия. Поэтому целесообразно разрабатывать дистанционную информационную поддержку процесса обучения. Таким средством могут являться обучающие компьютерные фильмы по данной дисциплине, презентации, которые обучающийся может просматривать дома в комфортной среде и без лимита времени.

Обучающиеся из числа лиц с ОВЗ и инвалидов обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

При проведении занятий в компьютерных лабораториях целесообразно использовать проектор для наиболее удобного размещения обучающегося с ОВЗ при изложении материала занятия.