Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н. Стрельцов С. А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Стрельцов С. А.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Материаловедение наноструктурированных материалов

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль: Микроэлектроника и наноэлектроника

Курс: 4, семестр : 7

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**7**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	54
4	Лекции, час.	34
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	из них практической подготовки, час.	16
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	2
11	Самостоятельная работа, час.	90
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

ФГОС введен в действие приказом №927 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-12.В/ПТ Способен организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники
	ПК-12.В/ПТ. 1 Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства
Профессиональные компетенции	ПК-5/НА Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
	ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-12.В/ПТ. 1 Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	
базовые методы исследования состава, структуры, оптических, электрических, магнитных, механических и тепловых свойств наноматериалов	Лекции; Самостоятельная работа
ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	
классификацию наноматериалов	Лекции; Самостоятельная работа
применять физические и математические законы и модели физических процессо, связанные с получением и применением наноструктурированных материалов	Лабораторные работы;

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Дидактическая единица: Типы наноматериалов и их классификация					

1. Основные понятия и определения, принятые в наноструктурном материаловедении. Классификация наноматериалов. Основные свойства наноматериалов. Соотношение объемных и поверхностных свойств.	1	0	2	ПК-5/НА.2	Дискуссия
2. Описание кристаллических поверхностей. Поверхностная энергия. Анизотропия поверхностной энергии кристаллов. Релаксация и реконструкция поверхности. Адсорбция на твердой поверхности. Поверхностная энергия и равновесная форма наночастиц. наночастиц. Механизмы понижения полной поверхностной энергии в системах наночастиц: спекание и созревание Оствальда.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
3. Уравнение Юнга-Лапласа. Связь химического потенциала с кривизной поверхности. Уравнение Кельвина. Способы стабилизации поверхности наноструктур: электростатическая и стерическая стабилизации.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
4. Двойной электрический слой.. Электростатический потенциал. Экранирование. Силы Ван-дер Ваальса между молекулами и макроскопическими телами.. Влияние среды. Электростатическая стабилизация наночастиц. Теория ДЛФО.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
5. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Доращивание после нуклеации. Рост, ограниченный диффузией и рост, ограниченный процессами на поверхности.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
Дидактическая единица: Размерные эффекты в наноструктурах					

6. Классические и квантовые размерные эффекты. Термодинамические свойства наносред. Фазовые равновесия в наноразмерных системах. Изменение температуры плавления наноматериалов.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
7. Полиморфные превращения в наносистемах. Изменение периода кристаллической решетки при уменьшении размера материала. Дефекты кристаллической решетки наноматериалов. Электропроводность наноматериалов. Магнитные свойства наноматериалов.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
8. Тепловые свойства наноматериалов. Оптические свойства наноматериалов. Механические свойства наноматериалов. Квантование энергетического спектра наноматериалов.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
Дидактическая единица: Наноматериалы и способы их получения					

9. Технологии получения наноматериалов и наноструктур. Методы Down-Up: Формирование наночастиц посредством гомогенной и гетерогенной нуклеации. Кинетически ограниченный синтез наночастиц. Синтез наночастиц с использованием эффектов самоорганизации. Вакуумные технологии (в том числе эпитаксиальные). Осаждение атомных слоев. Метод молекулярного наслаивания (Ленгмюра-Блоджетт). Химическое осаждение из газовой фазы. Электрохимическое осаждение. Золь-гель технологии. Матричный синтез. Методы Up-Down: Фото-, рентгеновская, электронно-лучевая литографии, литография с использованием сфокусированного ионного пучка. Методы мягкой литографии (микроконтактная печать, литье, наноимпринт). Зондовые нанотехнологии.	2	0	2	ПК-12.В/ПТ.1	Дискуссия
10. Нуль-мерные наноматериалы: нанокластеры и нанокристаллы. Фуллерены. Квантовые точки	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
11. Одномерные наноструктуры: нанотрубки, нановолокна, нанопроволоки. Свойства и способы получения.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	

12. Двумерные наноструктуры: тонкие пленки. Полупроводниковые гетероструктуры. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Золь-гель пленки. Свойства и способы получения. Наноструктурированные пленки и покрытия.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
13. Углеродные наноматериалы: фуллерены, углеродные нанотрубки, графен.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
14. Молекулярные наноструктуры: сурфактанты, мицеллы, эмульсии, пены.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
15. Нанопористые структуры: мембраны, цеолиты, нанопористый кремний, нанопористый оксид алюминия.	2	0	2	ПК-12.В/ПТ.1	Дискуссия
16. Консолидированные наноматериалы. Классификация. Нанокристаллические материалы. Фуллериты. Фотонные кристаллы. Нанокомпозиты (матричные и сверхрешетки). Наноаэрогели.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	
17. Применение наноматериалов в электронике, энергетике, химической промышленности, биологии и медицине и пр.	1	0	2	ПК-12.В/ПТ.1	Дискуссия
Дидактическая единица: Основные методы диагностики наноматериалов					
18. Дифракционные методы. Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Рентгеновский микроанализ. Сканирующие зондовые методы. Химическая диагностика: оптическая, электронная, ионная спектроскопии. Способы определения поверхностной энергии.	2	0	0	ПК-12.В/ПТ.1	

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 7					
Дидактическая единица: Наноматериалы и способы их получения					
4. Нанолитография	4	4	0	ПК-5/НА.2	Проведение литографии с помощью сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator
Дидактическая единица: Основные методы диагностики наноматериалов					
1. Исследование морфологии поверхности эпитаксиальных структур методом атомно-силовой микроскопии	4	4	0	ПК-5/НА.2	Получение и анализ сканов поверхности с помощью сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator
2. Изучение структуры поверхности методом туннельно-зондовой микроскопии	4	4	0	ПК-5/НА.2	Анализ структуры поверхности с помощью сканирующего зондового микроскопа Nanoeducator
3. Изучение реконструкции поверхности кремния методом дифракции быстрых электронов на отражение	4	4	0	ПК-5/НА.2	Наблюдение сверхструктурной перестройки поверхности кремния (111) при изменении температуры. Определение температуры фазового перехода.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Нанолитография	Лб	Выполняет следующие виды работ: работа с СЗМ Nanoeducator для формирования знаний мотодической базы измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства
2	Исследование морфологии поверхности эпитаксиальных структур методом атомно-силовой микроскопии	Лб	Выполняет следующие виды работ: работа с СЗМ Nanoeducator для формирования знаний мотодической базы измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства
3	Изучение структуры поверхности методом туннельно-зондовой микроскопии	Лб	Выполняет следующие виды работ: работа с СЗМ Nanoeducator для формирования знаний мотодической базы измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства
4	Изучение реконструкции поверхности кремния методом дифракции быстрых электронов на отражение	Лб	Выполняет следующие виды работ: работа с дифрактометром быстрых электронов установки МЛЭ для формирования знаний мотодической базы измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ/Реферат	ПК-12.В/ПТ.1, ПК-5/НА.2	40	1
Изучение литературы по предложенной теме задания: Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 107 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072				
2	Подготовка к занятиям	ПК-12.В/ПТ.1, ПК-5/НА.2	40	0
Чтение конспектов и учебных пособий: Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 107 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072				
3	Подготовка к аттестации	ПК-12.В/ПТ.1, ПК-5/НА.2	10	1
Чтение конспектов и учебных пособий: Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 107 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ; Чат
Консультирование	Среда электронного обучения НГТУ; Чат
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ; Чат
Размещение учебных материалов	Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
Лабораторная:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 107 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072"		
РГЗ/Реферат:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 107 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072"		

Зачет:	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 107 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072"		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля		
		Защита Л/Р	Защита РГЗ/Р	Зачет
ПК-12.В/ПТ	ПК-12.В/ПТ 1. Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	+	+	+
ПК-5/НА	ПК-5/НА 2. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	+		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Илюшин В. А. Наноматериалы : [учебное пособие] / В. А. Илюшин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2019.- 112, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000240967

2. Илюшин В. А. Физикохимия наноструктурированных материалов : учебное пособие / В. А. Илюшин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2013.- 105, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180741

Дополнительная литература

1. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Ч. 2 : учебное пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2014.- 225, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208144

2. Филимонова Н. И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия. Ч. 1 : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2013.- 131, [2] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178062

3. Батаев В. А. Материалы с нанокристаллической структурой : учебное пособие / В. А. Батаев, З. Б. Батаева ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2007.- 262, [1] с. : ил., схемы.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000086242.- Инновационная образовательная программа НГТУ 'Высокие технологии'.

Интернет-ресурсы

1. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354 с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000113265. - Загл. с экрана.

2. Исакова, И. В. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / И. В. Исакова, Е. В. Черкасова. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 68 с. — ISBN 978-5-00137-058-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122211 (дата обращения: 04.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Дзидзигури, Э. Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии : учебное пособие / Э. Л. Дзидзигури, Е. Н. Сидорова. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2012. — 71 c. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/56215.html (дата обращения: 23.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Получение композиционных полимерных материалов на основе полистирола и углеродных нанотрубок методом растворения : методические указания к лабораторным работам по дисциплинам 'Полимерные наноматериалы' для 4 курса механико-технологического факультета / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Т. С. Огнева, А. Ю. Огнев, А. А. Лосинская].- Новосибирск, 2017.- 15, [2] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000237019

2. Илюшин В. А. Процессы нанотехнологии : учебное пособие / В. А. Илюшин, А. А. Величко ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 107 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029072

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Создание отчётов для лабораторных работ. Microsoft Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Проведение лекций, презентаций

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Учебная нанолаборатория NanoEducator-4	Используется для лабораторных работ

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Установка МЛЭ "АНГАРА"	Используетмя для лабораторных работ