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
Технологии и методы создания наноструктур

Образовательная программа: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники

Курс: 2, семестр : 3

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**3**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	56
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	32
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	из них практической подготовки, час.	2
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	4
11	Самостоятельная работа, час.	88
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): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №921 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

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-1/НА Готов формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
	ПК-1/НА. 1 Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники
	ПК-1/НА. 3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований
Профессиональные компетенции	ПК-2/НА Готов разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты
	ПК-2/НА. 1 Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик
	ПК-2/НА. 2 Умеет анализировать результаты исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники
	ПК-2/НА. 3 Владеет навыками разработки методик проведения исследований и измерений

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	**Формы организации занятий**
Результаты обучения	
ПК-1/НА. 1 Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	
Знает физико-химические основы процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов микро- и наносистемной техники	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-1/НА. 3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований	
Умеет моделировать процессы нанесения, удаления и модифицирования материалов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-2/НА. 1 Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик	
Умеет анализировать проблемные ситуации и находить способы их преодоления применительно к процессам микро- и нанотехнологии	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-2/НА. 2 Умеет анализировать результаты исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники	
Имеет опыт анализа эффективности производственного процесса, в области микроэлектронного производства, анализа брака, разработки мероприятий по повышению эффективности ТП	Лекции; Самостоятельная работа
Умеет рассчитывать длительность выполнения основных технологических операций процесса микроэлектронного производства с использованием нормативных справочников	Лекции; Самостоятельная работа
ПК-2/НА. 3 Владеет навыками разработки методик проведения исследований и измерений	
Умеет оценивать технологии синтеза материалов нано- и микросистемной техники с точки зрения безопасности для сотрудников и окружающей среды	Лекции; Самостоятельная работа

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: 3					
Дидактическая единица: Методы нанесения веществ					
1. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния; пиролитическое осаждение металлов; газофазная эпитаксия кремния, бинарных и многокомпонентных соединений	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-2/НА.2	Изучение теоретических материалов
2. Омические и выпрямляющие контакты. Однослойная и многослойная система металлизации на основе алюминия. Особенности металлизации с медными межсоединениями. Диэлектрические разделительные слои.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-2/НА.2, ПК-2/НА.3	Изучение теоретических материалов
3. Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков: вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение, молекулярно-лучевая эпитаксия. Оборудование и методы ионно-плазменного осаждения: катодное, магнетронное, реактивное распыления; ионно- и плазмохимическое осаждение. Газофазная эпитаксия бинарных и многокомпонентных соединений. МОС-гидридная эпитаксия.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-2/НА.1, ПК-2/НА.3	Изучение теоретических материалов
4. Теоретические основы эпитаксиальных микро- и нанотехнологий	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-2/НА.2	Изучение теоретических материалов
Дидактическая единица: Литографические методы					

5. Классификация базовых методов литографии: фото- , рентгено-, электроно- и ионолитография. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения, позитивные и негативные резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; планаризация, предэкспозиционная обработка, проявление и сушка. Фотошаблоны. Аппаратура и способы совмещения и экспонирования. Пространственное разрешение. Эволюция процессов экспонирования. ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом, стереолитография, электроно-, ионо-, рентгенолитография.	6	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-2/НА.2, ПК-2/НА.3	Изучение теоретических материалов
Дидактическая единица: Конструктивно-технологические особенности и элементы полупроводниковых интегральных микросхем					
6. Структуры элементов полупроводниковых ИМС. Методы изоляции элементов в ИМС. Технологические процессы производства ИМС на основе биполярных и полевых транзисторов	4	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-2/НА.2	Изучение теоретических материалов

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Методы нанесения веществ					
1. Эпитаксия. Псевдоморфный рост. Критическая толщина слоя.	8	2	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-2/НА.1	Решение задач
2. Релаксация напряжений в эпитаксиальных структурах	8	0	3	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-2/НА.1	Дискуссия
Дидактическая единица: Литографические методы					

3. Физические ограничения проекционной оптики при использовании бинарных шаблонов Критерий Рэлея для разрешения проекционной системы. Понятия глубины фокуса и контраста изображения проекционной системы.	8	0	2	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1	Дискуссия
4. Оптическая литография. Формирование скрытого изображения в пленке резиста	8	0	3	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1	Дискуссия

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Эпитаксия. Псевдоморфный рост. Критическая толщина слоя.	Лб	Выполняет следующие виды работ: рассчитывает критические толщины слоев введения дислокаций несоответствия по различным моделям.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	РГЗ/Реферат	ПК-1/НА.1,ПК-1/НА.3,ПК-2/НА.1,ПК-2/НА.2,ПК-2/НА.3	40	2
: Процессы микро- и нанотехнологии : методическое руководство к лабораторным работам для 3 курса РЭФ (направление 210100) заочной и дневной форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Илюшин].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.- 54, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893				
2	Подготовка к занятиям	ПК-1/НА.1,ПК-1/НА.3,ПК-2/НА.1,ПК-2/НА.2,ПК-2/НА.3	36	0
: Процессы микро- и нанотехнологии : методическое руководство к лабораторным работам для 3 курса РЭФ (направление 210100) заочной и дневной форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Илюшин].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.- 54, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893				
3	Подготовка к аттестации	ПК-1/НА.1,ПК-1/НА.3,ПК-2/НА.1,ПК-2/НА.2,ПК-2/НА.3	12	2
: Процессы микро- и нанотехнологии : методическое руководство к лабораторным работам для 3 курса РЭФ (направление 210100) заочной и дневной форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Илюшин].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.- 54, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893				

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; Чат
Консультирование	Чат
Контроль	e-mail; 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: 3		
Подготовка к занятиям:	0	
Лекция:	10	20
Лабораторная:	15	30
РГЗ/Реферат:	15	30
Контролирующие материалы приводятся в "Процессы микро- и нанотехнологии : методическое руководство к лабораторным работам для 3 курса РЭФ (направление 210100) заочной и дневной форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Илюшин].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.- 54, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893"		
Зачет:	0	20

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 РГЗ/Р	Зачет
ПК-1/НА	ПК-1/НА 1. Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-1/НА 3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований	+	+
ПК-2/НА	ПК-2/НА 1. Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик	+	+
	ПК-2/НА 2. Умеет анализировать результаты исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-2/НА 3. Владеет навыками разработки методик проведения исследований и измерений	+	+

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

5. Литература

Основная литература

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

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

3. Васильев В. Ю. Технология тонких пленок для микро- и наноэлектроники : [учебное пособие] / В. Ю. Васильев ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019.- 105, [1] с. : ил., схемы.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241166

Дополнительная литература

1. Васильев В. Ю. Современное производство изделий микроэлектроники : [учебное пособие] / В. Ю. Васильев ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019.- 86, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241180

Интернет-ресурсы

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: http://e.lanbook.com. - Загл. с экрана.

2. Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1 : учебное пособие / Л. Н. Орликов. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 98 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/13990.html (дата обращения: 23.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Орликов, Л. Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 2 : учебное пособие / Л. Н. Орликов. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 100 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/13991.html (дата обращения: 23.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. 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.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Процессы микро- и нанотехнологии : методическое руководство к лабораторным работам для 3 курса РЭФ (направление 210100) заочной и дневной форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Илюшин].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.- 54, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893

6.2 Специализированное программное обеспечение

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется

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

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	демонстрация презентаций