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
Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии

Образовательная программа: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, профиль: Полупроводниковые микро- и наносистемы

Курс: 3, семестр : 6

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**6**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	70
4	Лекции, час.	50
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.	56
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	2
11	Самостоятельная работа, час.	110
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): 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №924 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 09.10.2017 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.03.01 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-2/НА Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нанои микросистемной техники
	ПК-2/НА. 3 Владеет навыками выбора оптимальных методов проведения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
Профессиональные компетенции	ПК-4/ПК Готов рассчитывать и проектировать основные параметры техники наноструктурных материалов различного функционального назначения
	ПК-4/ПК. 1 Знает принципы проектирования основных параметров наноструктурных материалов

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-2/НА. 3 Владеет навыками выбора оптимальных методов проведения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	
Имеет опыт выбора материаловв для получения микро- и наноэлектронных изделий с заданными свойствами, обоснованно задавать параметры технологических процессов	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-4/ПК. 1 Знает принципы проектирования основных параметров наноструктурных материалов	
Знает физико-химические свойства полупроводниковых и диэлектрических материалов, применяемых в микро- и наноэлектронике	Лекции; Самостоятельная работа
Знает принципы конструирования отдельных блоков и компонентов микро- и наносистемной техники	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: 6					
Дидактическая единица: Классификация процессов микро- и нанотехнологии					
1. Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс. Классификация процессов микро- и нанотехнологии	2	0	0	ПК-4/ПК.1	
Дидактическая единица: Методы удаления веществ					

2. 2. Шлифование и полирование пластин. Механическое, лазерное и электронно-лучевое скрайбирование. Процессы химического травления: механизмы травления; оборудование, методы и среды для жидкостного, газового и ионно-плазменного травления травления; локальное и анизотропное ориентационно-чувствительное травление; маскирующие, "жертвенные" и "стоп"-слои..	4	0	0	ПК-4/ПК.1	
Дидактическая единица: Методы модифицирования веществ					
3. Оборудование и методы окисления. Высокотемпературное термическое сухое и влажное окисление. Теоретические модели окисления. Окисление и нитрирование в плазме.	4	0	0	ПК-4/ПК.1	
4. Диффузия примесей: распределение примесей при диффузии, стадии загонки и разгонки примесей, оборудование и методы диффузии из газообразных, жидких и твердых источников.	4	0	0	ПК-4/ПК.1	
5. Ионная имплантация: распределение примесей, оборудование и методы ионной имплантации. Высокоэнергетические сильноточные процессы ионной имплантации: окисление, нитрирование, протонирование, радиационно-стимулированная диффузия, химический синтез. Активация процессов при ионном легировании и химическом синтезе:	4	0	0	ПК-4/ПК.1	
Дидактическая единица: Методы нанесения веществ					

6. 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	4	0	2	ПК-4/ПК.1	Дискуссия
7. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния; пиролитическое осаждение металлов; газофазная газофазная эпитаксия кремния, бинарных и многокомпонентных соединений	4	0	0	ПК-4/ПК.1	
Дидактическая единица: Литографические методы					
8. 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	2	ПК-4/ПК.1	Дискуссия
Дидактическая единица: Металлизация					

9. Омические и выпрямляющие контакты. Однослойная и многослойная система металлизации на основе алюминия. Особенности металлизации с медными межсоединениями. Диэлектрические разделительные слои.	6	0	0	ПК-4/ПК.1	
Дидактическая единица: Конструктивно-технологические особенности и элементы полупроводниковых интегральных микросхем					
10. Структуры элементов полупроводниковых ИМС. Методы изоляции элементов в ИМС	4	0	2	ПК-4/ПК.1	Дискуссия
11. Технологические процессы производства ИМС на основе биполярных и полевых транзисторов	8	0	2	ПК-4/ПК.1	Дискуссия

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Методы удаления веществ					
1. Процессы химического жидкостного травления	4	4	0	ПК-2/НА.3	Травление шлифованных и полированных образцов кремния в растворах HF:HNO3 различного состава. Исследование зависимости скорости травления от состава травителя, состояния поверхности, перемешивания и других факторов. Изучение оптических методов контроля качества поверхности
Дидактическая единица: Методы модифицирования веществ					
2. Термическое окисление кремния	4	4	0	ПК-2/НА.3	Термическое окисление кремния в сухом и влажном кислороде. Определение зависимости толщины окисла от времени окисления. Освоение методики определения толщины окисла по цвету пленки
Дидактическая единица: Методы нанесения веществ					

3. Нанесение металлических слоев вакуум-термическим методом.	4	4	0	ПК-2/НА.3	Получение пленок алюминия установке УВН-2, определение толщины пленок методом микровзвешивания и с помощью интерференционного микроскопа МИИ-4, оценка адгезии пленок
Дидактическая единица: Литографические методы					
4. Перенос изображения методом контактной фотолитографии. Базовый цикл литографического процесса.	4	44	0	ПК-2/НА.3	Контактная фотолитография по слоям диоксида кремния и алюминия. Изучение оборудования и основных операций бозового цикла. Контроль качества операций с помощью оптической микроскопии.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Процессы химического жидкостного травления	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполняет следующие виды работ: освоение приемов работы с оптическим микроскопом
2	Термическое окисление кремния	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполняет следующие виды работ: освоение методики определения толщины пленки
3	Нанесение металлических слоев вакуум-термическим методом.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполняет следующие виды работ: измерение толщины металлических пленок различными методами, в частности с помощью интерференционного микроскопа
4	Перенос изображения методом контактной фотолитографии. Базовый цикл литографического процесса.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполняет следующие виды работ: нанесение, фоторезиста, сушка, экспонирование, проявление, травление, контроль

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	РГЗ/Реферат	ПК-4/ПК.1	50	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, 2006.- 54, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893				
2	Подготовка к занятиям	ПК-4/ПК.1	35	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, 2006.- 54, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893				
3	Подготовка к аттестации	ПК-2/НА.3,ПК-4/ПК.1	25	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, 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; 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: 6		
Лабораторная:	20	40
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, 2006.- 54, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893"		
РГЗ/Реферат:	20	40
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, 2006.- 54, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893"		
Зачет:	10	20
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, 2006.- 54, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893"		

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-2/НА	ПК-2/НА 3. Владеет навыками выбора оптимальных методов проведения исследований материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	+		
ПК-4/ПК	ПК-4/ПК 1. Знает принципы проектирования основных параметров наноструктурных материалов	+	+	+

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, 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, 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, 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, 2019.- 86, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000241180

Интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система Издательства Лань : [сайт]. – Текст : электронный / ООО «ЭБС ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, 2011– . – URL: https://e.lanbook.com/ (дата обращения: 26.02.2021).

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

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, 2006.- 54, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000065893

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 PTC MathCAD

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)	Демонстрация презентаций
2	УСТАНОВКА 830-03	Формирование слоев диоксида кремния методом термического окисления в парах воды
3	УСТАНОВКА для сушки пластин	Обследование поверхности пластин после операций механической обработки, травления, очистки
4	Установка совмещения и экспонирования ЭМ-576А	Контактная фотолитография по слоям диоксида кремния, алюминия
5	УСТАНОВКА УВН-71р-3	Нанесение слоев алюминия вакуум-термическим методом
6	УСТАНОВКА УНФ	Нанесение слоев фоторезиста