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
Семинары по специальности

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

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр	
№	Вид деятельности	2	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3	2
2	Всего часов	108	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	24	24
4	Лекции, час.	0	0
5	Практические занятия, час.	18	18
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	7	11
8	из них практической подготовки, час.	0	3
9	Аттестация, час.	2	2
10	Консультации, час.	4	4
11	Самостоятельная работа, час.	84	48
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р	Р
13	Вид аттестации	3	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

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-19.В/НА Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом региональных особенностей и потребностей работодателей.
	ПК-19.В/НА. 1 Знает специфику социально-экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе.
	ПК-19.В/НА. 2 Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.
Профессиональные компетенции	ПК-4/НА Готов выполнять научно-технические отчеты, доклады, публикации по результатам выполненных исследований
	ПК-4/НА. 1 Знает структуру и правила оформления научных и технических отчетов
	ПК-4/НА. 2 Умеет представлять результаты выполненных исследований в виде докладов и публикаций
	ПК-4/НА. 3 Владеет навыками публичного представления результатов выполненных исследований

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций Результаты обучения	Формы организации занятий
ПК-19.В/НА. 1 Знает специфику социально-экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе.	
новые материалы	Практические занятия; Самостоятельная работа
Получение знаний о современном состоянии нанотехнологии и наноэлектроники.	Практические занятия; Самостоятельная работа
Применять опыт других исследователей при выборе технологий и материалов для получения заданных характеристик определенного типа приборов	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-19.В/НА. 2 Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.	
готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии	Практические занятия; Самостоятельная работа
Умение осуществлять целевой поиск информации при решении научной проблемы в области наноэлектроники. Формирование навыков подготовки научных докладов и участия в научных дискуссиях.	Практические занятия;
ПК-4/НА. 1 Знает структуру и правила оформления научных и технических отчетов	
иметь представление о последних открытиях в области нанотехнологии и микросистемной техники	Практические занятия; Самостоятельная работа
знать передовой отечественный и зарубежный опыт и достижения в области нанотехнологии	Практические занятия; Самостоятельная работа
Новые тенденции по пути увеличения быстродействия транзисторных структур	Самостоятельная работа
ПК-4/НА. 2 Умеет представлять результаты выполненных исследований в виде докладов и публикаций	
делать доклады на заданную тему	Самостоятельная работа
ПК-4/НА. 3 Владеет навыками публичного представления результатов выполненных исследований	
навыками работы с периодической научной литературой, дискуссией на заданную тему и выступлений на научных семинарах	Самостоятельная работа

Готовностью выполнять научно-технические отчеты, доклады, публикации по результатам выполненных исследований	Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Технологии роста полупроводниковых кристаллов					
1. Количественные законы протекания химических реакций в полупроводниковой технологии	2	0	2	ПК-19.В/НА.1,ПК-4/НА.1	практика
2. Термодинамика поверхности. Энергетика физико-химических процессов в полупроводниковой технологии. Тепловые эффекты химических реакций.	2	0	2	ПК-19.В/НА.1	практика
3. Направленность физико-химических процессов в технологиях роста полупроводниковых кристаллов. Энергия Гиббса. Химический потенциал.	2	0	2	ПК-19.В/НА.1	практика
4. Термодинамическое равновесие в технологиях роста полупроводниковых кристаллов. Константа химического равновесия. Принцип Ле Шателье. Правило Вант-Гоффа.	2	0	1	ПК-19.В/НА.1	практика
5. Кинетика химических превращений в технологиях роста тонких пленок на поверхностях полупроводниковых кристаллов	2	0	0	ПК-19.В/НА.1	практика
6. Уравнение Шредингера для атома водорода. Квантовые числа. Атомные орбитали. Принципы построения электронной структуры атомов элементов. Электронные конфигурации атомов элементов, входящих в состав важнейших полупроводников	2	0	0	ПК-19.В/НА.1	практика

7. Электроотрицательность химических элементов. Энергия ионизации. Сродство к электрону. Радиус атома.	2	0	0	ПК-19.В/НА.1	практика
8. Химическая связь в важнейших полупроводниках Si, Ge, GaAs. Строение полупроводниковых кристаллов. Типы химических связей. Ковалентная связь (полярная и неполярная). Метод валентных связей. Метод молекулярных орбиталей.	2	0	0	ПК-19.В/НА.1	Практика
9. Гибридизация орбиталей в кремнии. Ионная связь. Металлическая связь. Связь в ковалентных каркасных кристаллах. Зонная диаграмма полупроводниковых кристаллов.	2	0	0	ПК-19.В/НА.1	Практика
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Технологии роста полупроводниковых кристаллов					
1. Технология получения полупроводникового кремния Влияние кислорода на качество монокристаллического кремния. Производство кремниевых пластин: резка, полировка, очистка. Внутреннее гетерирование. Качество подзатворного диэлектрика. Последние достижения в этой области. Окисление кремния. Механизмы окисления, кинетика процесса окисления.	4	2	2	ПК-19.В/НА.1,ПК-19.В/НА.2	практика
2. Свойства применения силицидов. Получение силицидов:совместное осаждение тугоплавкого металла и кремния, осаждение из газовой фазы (CVD) распыление из двух или более мишеней, использование одной мишени из силицидного сплавва.	2	0	2	ПК-19.В/НА.1,ПК-19.В/НА.2,ПК-4/НА.1	практика

3. Диэлектрические материалы. Диэлектрики и их применение в наноэлектронике, требование к материалам. Вертикальная изоляция и СБИС технологии.	2	0	2	ПК-19.В/НА.1,ПК-19.В/НА.2	практика
4. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии	2	0	2	ПК-19.В/НА.1	практика
5. Газофазная эпитаксия, послойное атомное осаждение	2	0	2	ПК-19.В/НА.1,ПК-4/НА.3	практика
6. Si-Ge-структуры с квантовыми точками. Методы получения самоорганизованных Si-Ge наноструктур.	4	0	0	ПК-19.В/НА.1,ПК-19.В/НА.2	практика
7. Ионная имплантация	2	1	1	ПК-19.В/НА.2	практика

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Технологии роста полупроводниковых кристаллов					
1. подготовка ргз	60	0	0	ПК-19.В/НА.1	Решение задач
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Технологии роста полупроводниковых кристаллов					
1. Подготовка рефератов по заданной теме	10	0	0	ПК-4/НА.2, ПК-4/НА.3	практика

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Технология получения полупроводникового кремния Влияние кислорода на качество монокристаллического кремния. Производство кремниевых пластин: резка, полировка, очистка. Внутреннее гетерирование. Качество подзатворного диэлектрика. Последние достижения в этой области. Окисление кремния. Механизмы окисления, кинетика процесса окисления.	Пр	Выполняет следующие виды работ:
2	Ионная имплантация	Пр	Выполняет следующие виды работ: практика1

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации

Семестр: 2				
1	РГЗ/Реферат	ПК-19.В/НА.1	20	4
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
2	Подготовка к занятиям	ПК-19.В/НА.1, ПК-4/НА.1	4	0
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
3	Дополнительная учебная деятельность	ПК-4/НА.1	0	0
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
4	Подготовка к аттестации	ПК-19.В/НА.1, ПК-4/НА.1,ПК-4/НА.3	0	0
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
5	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-19.В/НА.1	60	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
Семестр: 3				
1	РГЗ/Реферат	ПК-4/НА.1	20	2
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
2	Подготовка к занятиям	ПК-19.В/НА.2, ПК-4/НА.1,ПК-4/НА.3	0	2
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
3	Подготовка к занятиям	ПК-4/НА.1	18	0
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
4	Дополнительная учебная деятельность	ПК-19.В/НА.1, ПК-4/НА.3	0	0
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
5	Подготовка к аттестации	ПК-4/НА.1,ПК-4/НА.3	0	0
: Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413				
6	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-4/НА.2,ПК-4/НА.3	10	0

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413

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
Консультирование	e-mail
Контроль	Личный типовой сайт

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения:	

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: 2		
Подготовка к занятиям:	0	
Дополнительная учебная деятельность:	0	
Самостоятельное изучение теоретического материала:	0	
Практические занятия:	10	15
Контролирующие материалы приводятся в "Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413"		
РГЗ/Реферат:	30	65
Контролирующие материалы приводятся в "Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413"		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413"		
Семестр: 3		
Подготовка к занятиям:	10	10
Дополнительная учебная деятельность:	0	
Самостоятельное изучение теоретического материала:	0	
Практические занятия:	15	40

Контролирующие материалы приводятся в "Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413"		
РГЗ/Реферат:	15	30
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413"		

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-19. В/НА	ПК-19.В/НА 1. Знает специфику социально-экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе.	+	+
	ПК-19.В/НА 2. Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.	+	+
ПК-4/НА	ПК-4/НА 1. Знает структуру и правила оформления научных и технических отчетов	+	+
	ПК-4/НА 2. Умеет представлять результаты выполненных исследований в виде докладов и публикаций		+
	ПК-4/НА 3. Владеет навыками публичного представления результатов выполненных исследований	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский ; [Новосиб. гос. техн. ун-т].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.- 495 с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000066370

2. Драгунов В. П. Специальные главы наноэлектроники : [учебное пособие] / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020.- 102, [2] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243226

Дополнительная литература

1. Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285

2. Афонина Л. И. Основы общей и неорганической химии : учебное пособие / Л. И. Афонина, Ю. Е. Синельникова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 94, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226287

3. Тимакова Е. В. Физическая химия. Теория и практика : учебное пособие / Е. В. Тимакова.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025.- 138, [1] с. : табл.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=229368

Интернет-ресурсы

1. Шевельков, А. В. Неорганическая химия : лекции для студентов первого курса : иллюстративный материал к лекциям по неорганической химии (2025/2026 учебный год) / А. В. Шевельков, Е. А. Гудилин. – Текст электронный // Химический факультет МГУ : сайт. – URL: https://www.chem.msu.ru/rus/teaching/thermo/welcome.html (дата обращения: 06.07.2026).

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Твердотельная электроника : учебно-методическое пособие : лабораторный практикум / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Драгунов В. П., Остертак Д. И.]. - Новосибирск, 2011. - 51 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000154413

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Операционная система Microsoft Windows

2 Пакет офисных приложений 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

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Проектор BenQ	Используется для проведения семинарских занятий