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
Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур

Образовательная программа: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерская программа: Электронные и микроэлектронные системы

Курс: 1, семестр : 1

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**1**
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.	9
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): 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

ФГОС введен в действие приказом №959 от 22.09.2017 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): 11.04.04 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 Харитонов С. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-11/НА Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию
	ПК-11/НА. 3 Владеет навыками разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и наноэлектроники
Профессиональные компетенции	ПК-12/НА Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
	ПК-12/НА. 1 Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований
	ПК-12/НА. 2 Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования
	ПК-12/НА. 3 Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов
Профессиональные компетенции	ПК-14/НА Способен анализировать и выбирать перспективные технологические процессы и оборудование для производства изделий микроэлектроники
	ПК-14/НА. 1 Знает основные принципы выбора перспективных технологий производства изделий микроэлектроники

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-11/НА. 3 Владеет навыками разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и наноэлектроники	
Умеет осуществлять постановку целей и задач работы при выполнении научных исследований и выбирать методики измерения параметров микроэлектронных материалов и наноструктур	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-12/НА. 1 Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований	
Знает физические основы, лежащие в основе экспериментальных методов исследования микроэлектронных и наноэлектронных , основные экспериментальные схемы для измерения, особенности и ограничения методов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-12/НА. 2 Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	
Умеет применять методы анализа и обработки экспериментальных данных, полученных в результате исследования микроэлектронных материалов и структур	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-12/НА. 3 Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	
Владеет начальными навыками работы с измерительной аппаратурой, применение которой возможно при изучении параметров и характеристик микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур электронной техники	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-14/НА. 1 Знает основные принципы выбора перспективных технологий производства изделий микроэлектроники	
знает основные принципы и направления развития метрологии наноструктур, физические основы методов диагностики и исследования микроэлектронных и наноэлектронных структур, химического состава, топологических параметров поверхности, электрофизических и оптических свойств материалов и современные методы исследования	Лекции; Лабораторные работы; 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: 1					
Дидактическая единица: Методы измерения электрофизических параметров					
1. Методы измерения электрофизических параметров: контакты к полупроводниковым структурам. Двухзондовый и четырехзондовый метод измерения. Метод Ван-дер-Пау. Методы определения кинетических параметров полупроводников: концентрации и подвижность (эффект Холла). Метод сопротивления растекания.. Современные установки измерения поверхностного сопротивления. Погрешности методов	12	0	0	ПК-11/НА.3, ПК-12/НА.1, ПК-12/НА.2, ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.1	лекции
Дидактическая единица: Методы ионной спектроскопии					
12. Ионная спектроскопия. Обратное резерфордовское рассеяние. Рассеяние ионов низких энергий (РМИ-LEIS).Кинематика упругих столкновений. Сечение рассеяния и прицельный параметр. Особенности рассеяния медленных ионов. Анализ пространственного распределения примесей. Вторичная ионная масс-спектроскопия. Влияние первичных ионов. Оборудование ВИМС. Профили концентраций элементов по глубине. Разрешение по глубине при послойном анализе. Применение метода ВИМС. Каналирование. Применение в технологии получения слоев п/п.	12	0	0	ПК-11/НА.3, ПК-12/НА.1, ПК-12/НА.2, ПК-14/НА.1	лекции
Дидактическая единица: Оптические методы измерения параметров полупроводниковых структур					

3. Измерение оптических параметров полупроводников. Аппаратура для исследования оптических свойств полупроводников. . Характеристики оптических приборов. Источники излучения Принципы монохроматизации (фильтры, призменные и решеточные монохроматоры) Приемники излучения. . Особенности основных типов спектральных приборов. Общие сведения о молекулярных спектрах. . Оптический метод определения концентрации примеси из спектров поглощения.. Образцы для измерений и определение их коэффициента поглощения.Инфракрасная интерферометрия. Фурье-спектрометрия в инфракрасной области; современное оборудование, реализующее метод ИК Фурье-спектроскопии	10	0	0	ПК-11/НА.3, ПК-12/НА.1, ПК-12/НА.2, ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.1	лекции

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Методы измерения электрофизических параметров					
1. Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости	4	4	2	ПК-11/НА.3, ПК-12/НА.1, ПК-12/НА.2, ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.1	лабораторная работа
2. Определение температурной зависимости электропроводности и вычисление запрещенной зоны полупроводников	4	4	2	ПК-11/НА.3, ПК-12/НА.1, ПК-12/НА.2, ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.1	лабораторная работа
Дидактическая единица: Оптические методы измерения параметров полупроводниковых структур					
3. Определение диффузионной длины и времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках методом светового зонда	4	4	2	ПК-11/НА.3, ПК-12/НА.1, ПК-12/НА.2, ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.1	лабораторная работа

4. Анализ спектральной зависимости коэффициента поглощения эпитаксиальных структур полученных методом Фурье спектрометрии	4	4	3	ПК-11/НА.3, ПК-12/НА.1, ПК-12/НА.2, ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.1	лабораторная работа

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости	Лб	Выполняет следующие виды работ: анализирует данные, полученные в ходе эксперимента, формирующие навык применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и микроэлектронных материалов и структур
2	Определение температурной зависимости электропроводности и вычисление запрещенной зоны полупроводников	Лб	Выполняет следующие виды работ:
3	Определение диффузионной длины и времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках методом светового зонда	Лб	Выполняет следующие виды работ: определяет параметры аполупроводниковых структур и анализирует данные, полученных в ходе эксперимента, формирующие навык применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и микроэлектронных материалов и структур
4	Анализ спектральной зависимости коэффициента поглощения эпитаксиальных структур полученных методом Фурье спектрометрии	Лб	Выполняет следующие виды работ: анализирует данные, полученные в ходе эксперимента, формирующие навык применять современные методы исследования для синтеза и анализа материалов и микроэлектронных материалов и структур

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	РГЗ/Реферат	ПК-11/НА.3,ПК-12/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-14/НА.1	50	2
Работа с литературными источниками, анализ и классификация полученных данных, выполнение и оформление работы: Физические методы исследования материалов : методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсам 'Физические методы исследования материалов' и 'Основы экспериментальных исследований' для механико-технологического факультета / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Никулина].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 23, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236937 Филимонова Н. И. Методы исследования поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2021].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243659.- Загл. с экрана.			

2	Подготовка к занятиям	ПК-11/НА.3,ПК-12/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-12/НА.3,ПК-14/НА.1	20	0
Подготовка к занятиям и лабораторным работам , оформление отчетов и подготовка к защите лабораторных работ: Филимонова Н. И. Методы исследования поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2021].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243659.- Загл. с экрана.				
3	Дополнительная учебная деятельность	ПК-11/НА.3,ПК-12/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-14/НА.1	0	0
Пр наличии ошибок работа над ошибками и их исправление: Физические методы исследования материалов : методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсам 'Физические методы исследования материалов' и 'Основы экспериментальных исследований' для механико-технологического факультета / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Никулина].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 23, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236937				
4	Подготовка к аттестации	ПК-11/НА.3,ПК-12/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-14/НА.1	20	0
подготовка к зачету: Физические методы исследования материалов : методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсам 'Физические методы исследования материалов' и 'Основы экспериментальных исследований' для механико-технологического факультета / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Никулина].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 23, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236937 Филимонова Н. И. Методы исследования поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2021].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243659.- Загл. с экрана.				

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	Личный типовой сайт
Контроль	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ

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: 1		
Лекция:	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Филимонова Н. И. Методы исследования поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2021].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243659.- Загл. с экрана."		
Лабораторная:	15	30
Контролирующие материалы приводятся в "Физические методы исследования материалов : методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсам 'Физические методы исследования материалов' и 'Основы экспериментальных исследований' для механико-технологического факультета / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Никулина].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 23, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236937"		
РГЗ/Реферат:	15	30
Контролирующие материалы приводятся в "Филимонова Н. И. Методы исследования поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2021].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243659.- Загл. с экрана."		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Физические методы исследования материалов : методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсам 'Физические методы исследования материалов' и 'Основы экспериментальных исследований' для механико-технологического факультета / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Никулина].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 23, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236937"		

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-11/НА	ПК-11/НА 3. Владеет навыками разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и наноэлектроники	+	+	+
ПК-12/НА	ПК-12/НА 1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований	+	+	+
	ПК-12/НА 2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	+	+	+
	ПК-12/НА 3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	+	+	+
ПК-14/НА	ПК-14/НА 1. Знает основные принципы выбора перспективных технологий производства изделий микроэлектроники	+	+	+

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

5. Литература

Основная 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: Изд-во НГТУ, 2014.- 225, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000208144

2. Васильев В. Ю. Методы и возможности IN-LINE контроля тонкопленочных материалов в производстве субмикронных интегральных микросистем : учебное пособие / В. Ю. Васильев ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 126, [1] с. : ил., табл.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=224931

3. Процессы и технологии получения наноразмерных порошков и наноструктурированных материалов : [учебное пособие / В. А. Батаев и др.].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 281, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236859

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

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

Дополнительная 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

Интернет-ресурсы

1. ГПНТБ СО РАН : Государственная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук : сайт. – Новосибирск, 2013– . – URL: http://www.spsl.nsc.ru/ (дата обращения: 09.03.2022). – Текст : электронный.

2. Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - Научно-издательский центр Инфра-М, 2011-2017. - Режим доступа: http://znanium.com/. - Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Физические методы исследования материалов : методические указания к лабораторным и практическим занятиям по курсам 'Физические методы исследования материалов' и 'Основы экспериментальных исследований' для механико-технологического факультета / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. А. Никулина].- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.- 23, [1] с. : ил.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236937

2. Филимонова Н. И. Методы исследования поверхности твердых тел [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2021].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243659.- Загл. с экрана.

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	Учебная нанолаборатория NanoEducator-4	Проводятся исследования топологии поверхности гетероэпитаксиальных структур