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
Технология компонентов микро- и наносистемной техники

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

Курс: 3, семестр : 5

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**5**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	56
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.	32
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	4
11	Самостоятельная работа, час.	124
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	Э

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, обязательная

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
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования
	ОПК-1. 3 Использует экспериментальные методы определения физико-химических свойств неорганических и органических веществ
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-2 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов, систем и процессов
	ОПК-2. 2 Рассчитывает длительность выполнения технологических операций с использованием нормативных справочников

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций / Результаты обучения	Формы организации занятий
ОПК-1. 3 Использует экспериментальные методы определения физико-химических свойств неорганических и органических веществ	
Необходимо уметь использовать экспериментальные методы определения физико-химических свойств неорганических и органических веществ.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК-2. 2 Рассчитывает длительность выполнения технологических операций с использованием нормативных справочников	
Необходимо уметь рассчитывать длительность выполнения технологических операций с использованием нормативных справочников.	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: 5					
Дидактическая единица: Элементы электронных средств и принципы работы					
1. Основные понятия. Элементная база электронных средств.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Терминология элементов электронных средств, 2. Элементы микросистемной техники. 3. Физико-химические принципы, лежащие в основе работы электронных средств и элементов. 4. Виды функциональных устройств. 5. Основные материалы.

2. Общие понятия о технологиях производства электронных средств.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Общие понятия о CVD, PVD, ALD, эпитаксии. 2. Методы получения пленок поликристаллического кремния, диоксида и нитрида кремния.
Дидактическая единица: Кремний					
3. Кремний как основной материал электроники.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Технологии и методы получения металлургического кремния, его свойства. 2. Технологии и методы получения монокристаллического кремния по методу Чохральского и бестигельной зонной плавки, свойства и отличительные особенности. 3. Основные технологические этапы получения кремниевых пластин.
Дидактическая единица: Диоксид кремния					
4. Технологии получения диоксида кремния.	4	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Применение и ключевые особенности диоксида кремния. 2. Механизм роста термического диоксида кремния. 3. Быстрое термическое окисление кремния. 4. LOCOS-технология. 5. Модель Дила-Гроува термического окисления. 6. Другие технологии и методы создания диоксида кремния, включая анодирование, CVD, плазменное окисление.
Дидактическая единица: Литография					

5. Литография, основные принципы.	4	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Контактная и проекционная фотолитография. 2. Физические принципы фотолитографии. 3. Классификация по типам литографии: оптическая, ультрафиолетовая, рентгеновская, электронно-лучевая, ионно-лучевая, печатная (нанопечатная, наноимпринт).
6. Технологические этапы литографии.	4	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Основные технологические этапы литографии. 2. Методы улучшения разрешающей способности фотолитографии. 3. Основные материалы и типы резистов.
Дидактическая единица: Легирование					
7. Принципы и технологии легирования.	4	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Цели и задачи легирования. 2. Основные легирующие примеси и предел их растворимости. 3. Способы легирования: CVD, легирование при росте кристаллов и эпитаксиальных слоев, диффузия примеси (газофазная и трердофазная), ионная имплантация, плазменно-иммерсионная ионная имплантация.
8. Методы контроля и уменьшение негативных факторов при легировании.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Методы контроля профилей легирования. 2. Преимущества и недостатки различных методов легирования. 3. Способы уменьшения негативных факторов.
Дидактическая единица: Травление					

9. Травление, основные принципы и технологии.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Цели и задачи травления. 2. Физические и химические способы травления. 3. Реактивное ионное, плазмохимическое, ионно-лучевое травление. 4. Параметры травления, недостатки и преимущества различных методов.
10. Анизотропное и изотропное травление.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Назначение анизотропного и изотропного травления. 2. Примеры анизотропных и изотропных травителей. 3. Жидкостное травление, сухое травление. 4. Полирующее и селективное травление и травители. 5. Кинетика.
Дидактическая единица: Металлизация					
11. Металлизация, принципы и назначение.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Назначение металлизации. 2. Основные принципы. 3. Технологии металлизации: PVD, CVD, электрохимическое осаждение, осаждение без использования внешнего источника тока. 4. LIGA-процесс.
12. Металлизация методом PVD, электрохимическое осаждение.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. PVD технология металлизации - испарение, распыление, магнетронное распыление, импульсное лазерное напыление. 2. Механизмы массопереноса при электрохимическом осаждении; понятие о двойном электрическом слое; кинетика.
Дидактическая единица: Методы соединения и корпусирования					

13. Основы конструирования электронных средств, методы соединения.	2	0	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Изучить следующие вопросы: 1. Методы соединения пластин кремния и других материалов, применяемых в электронике. 2. Прямое соединение и при помощи промежуточных материалов. 3. Подготовка пластин к соединению и параметры, влияющие на процесс. 4. Сборочные операции.

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Элементы электронных средств и принципы работы					
1. Определение параметров тензорезисторов.	4	2	2	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с назначением высокотехнологичного оборудования, предназначенного для определения параметров тензорезисторов, его обслуживанием, с правилами настройки и техникой безопасности при эксплуатации. Постановка задач в рамках работы. Настройка оборудования, определение параметров металлического и полупроводникового тензорезисторов, включая величину коэффициента тензочувствительности, гистерезиса, линейности с использованием балки равного сопротивления изгибу. Определение топологии полупроводникового кремниевого микрочика с тензомостом и элементами термокомпенсации с использованием микроскопа.
Дидактическая единица: Кремний					

2. Определение параметров слитков и пластин кремния.	4	2	2	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с назначением высокотехнологичного оборудования, предназначенного для определения параметров слитков и пластин кремния, его обслуживанием, с правилами настройки и техникой безопасности при эксплуатации. Постановка задач в рамках работы. Настройка оборудования, определение параметров слитков и пластин кремния и германия, включая удельное электросопротивление и тип проводимости с использованием четырехзондового метода и метода термозонда. Присвоение маркировки.
Дидактическая единица: Травление					
3. Анизотропное травление кремния.	4	2	2	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с назначением высокотехнологичного оборудования, предназначенного для анизотропного травления кремния, его обслуживанием, с правилами настройки и техникой безопасности при эксплуатации. Постановка задач в рамках работы. Настройка оборудования, осуществление процесса травления с использованием химических реактивов. Определение параметров травления.
Дидактическая единица: Методы соединения и корпусирования					

4. Электростатическое соединение кремния со стеклом.	4	2	2	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с назначением высокотехнологичного оборудования, предназначенного для электростатического соединения кремния со стеклом, его обслуживанием, с правилами настройки и техникой безопасности при эксплуатации. Постановка задач в рамках работы. Настройка оборудования, осуществление процесса соединения с использованием высокотемпературной печи и источников питания. Определение параметров соединения, включая герметичность.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 5					
Дидактическая единица: Элементы электронных средств и принципы работы					
1. Терминология в области конструирования и технологии производства.	2	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с основными терминами на русском и английском языках в области конструирования и технологии производства электронных средств. В том числе расшифровка аббревиатур CVD, PVD, ALD, LIGA, RIE, DRIE, MBL (МЛЭ), ДБЭ, БЗП, MEMS (МЭМС), NEMS (НЭМС), MEOMS (МЭОМС), NEOMS (НЭОМС).
2. Примеры реализации электронных средств.	3	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с примерами современных электронных средств, включая элементы МЭМС и НЭМС, и принципами их работы. Ознакомление с основными производителями электронных средств, их производственными мощностями и технологическим оснащением.

3. Основы кристаллографии.	6	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с основами кристаллографии, применительно к технологиям производства электронных средств на основе различных полупроводниковых и диэлектрических кристаллических материалов. Ориентация пластин кремния, базовые срезы и их назначение.
Дидактическая единица: Кремний					
4. Контроль параметров пластин.	2	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с основными методами контроля параметров кремниевых пластин.
5. Полупроводниковые, металлические и полуметаллические материалы.	6	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с основным физическим принципом разделения материалов на полупроводниковые, металлические и полуметаллические. Ознакомление с основными полупроводниковыми материалами электронных средств, способом их маркировки, стехиометрическими формулами и записью формул твердых растворов.
Дидактическая единица: Диоксид кремния					
6. Расчет толщины диоксида кремния.	4	4	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Определение толщины диоксида кремния, полученного термическим окислением кремния. Решение задач с различными начальными условиями, включая время окисления, температуру, атмосферу, глубину начального окисла.
7. Особенности роста оксидных пленок.	2	1	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с ключевыми особенностями роста оксидных пленок на внешних и внутренних углах ступеньки на кремниевой подложке. Ознакомление с методами определения толщины оксидной пленки.
Дидактическая единица: Литография					

8. Источники излучения в фотолитографических системах.	6	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с основными современными фотолитографическими системами и их составляющими, принципами их настройки и работы. Ознакомление с имеющимися на технологических предприятиях ресурсами для фотолитографии, в том числе с использованием электронных микроскопов. Задачи, решаемые литографией на производстве и научно-исследовательских институтах.
Дидактическая единица: Легирование					
9. Технологии получения p-n переходов.	4	1	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с основами технологии получения p-n переходов
10. Особенности распределения легирующих примесей в кремнии.	2	1	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с особенностями и профилями распределения Sb, As, P, B в кремнии
Дидактическая единица: Травление					
11. Глубокое реактивно ионное травление.	4	1	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с оборудованием RIE и DRIE технологий. Примеры систем, полученных по DRIE-технологии. Травление силицидов тугоплавких металлов и алюминия.
Дидактическая единица: Металлизация					
12. Электрохимические процессы при металлизации.	6	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомление с основными принципами при электрохимической металлизации. Изучение видов работ при электрохимической металлизации.
Дидактическая единица: Методы соединения и корпусирования					
13. Конструирование и технологии изготовления элементов электронных средств.	6	2	0	ОПК-1.3,ОПК-2.2	Ознакомпление с основными технологическими марщрутами при изготовлении электронных средств, включая сенсоры, актюаторы, микросистемы.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Определение параметров тензорезисторов.	Лб	Выполняет следующие виды работ: постановка задачи, настройка и обслуживание оборудования для определения параметров тензорезисторов, анализ результатов, включая определение коэффициента тензочувствительности, гистерезиса, линейности. Определение топологии полупроводникового кремниевого микрочика с тензомостом и элементами термокомпенсации.
2	Определение параметров слитков и пластин кремния.	Лб	Выполняет следующие виды работ: постановка задачи, настройка и обслуживание оборудования для определения параметров слитков и пластин кремния, анализ результатов, включая определение марки кремния и германия, подготовка и защита отчета.
3	Анизотропное травление кремния.	Лб	Выполняет следующие виды работ: постановка задачи, настройка и обслуживание оборудования для анизотропного травления кремния, анализ результатов травления, подготовка и защита отчета.
4	Электростатическое соединение кремния со стеклом.	Лб	Выполняет следующие виды работ: постановка задачи, настройка и обслуживание оборудования для электростатического соединения кремния со стеклом, анализ результатов соединения, подготовка и защита отчета.
5	Терминология в области конструирования и технологии производства.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с основными терминами на русском и английском языках в области конструирования и технологии производства электронных средств
6	Примеры реализации электронных средств.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с примерами современных электронных средств, включая элементы МЭМС и НЭМС
7	Основы кристаллографии.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с основами кристаллографии, применительно к технологиям производства электронных средств на основе различных полупроводниковых и диэлектрических кристаллических материалов.
8	Контроль параметров пластин.	Самост.	Выполняет следующие виды работ:
9	Полупроводниковые, металлические и полуметаллические материалы.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с основными полупроводниковыми материалами электронных средств, способами их маркировки, используемыми в профильной отрасли.
10	Расчет толщины диоксида кремния.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: определение настройки оборудования для получения диоксида кремния заданной толщины

11	Особенности роста оксидных пленок.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с ключевыми особенностями роста оксидных пленок на внешних и внутренних углах ступеньки на кремниевой подложке методами электронной микроскопии. Ознакомление с методами определения толщины оксидной пленки.
12	Источники излучения в фотолитографических системах.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с основными современными фотолитографическими системами и их составляющими, принципами их настройки и работы. Ознакомление с имеющимися на технологических предприятиях ресурсами для фотолитографии.
13	Технологии получения p-n переходов.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с основами технологии получения p-n переходов
14	Особенности распределения легирующих примесей в кремнии.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с особенностями и профилями распределения Sb, As, P, B в кремнии
15	Глубокое реактивно ионное травление.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с оборудованием RIE и DRIE технологий. Примеры систем, полученных по DRIE-технологии
16	Электрохимические процессы при металлизации.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомление с основными принципами при электрохимической металлизации
17	Конструирование и технологии изготовления элементов электронных средств.	Самост.	Выполняет следующие виды работ: ознакомпление с основными технологическими марщрутами при изготовлении электронных средств

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	РГЗ/Реферат	ОПК-1.3,ОПК-2.2	20	1

: Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 'Электроника и микроэлектроника', 210600 - 'Нанотехнология'; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик].- Новосибирск, 2010.- 18, [1] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2005.- 43 с. : схемы,табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 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 Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 Бердинский А. С. Материалы микросистемной техники [Электронный ресурс] / А. С. Бердинский, Р. П. Дикарева, А. А. Сидорова; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2019].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000240882.- Загл. с экрана. Компоненты и технологии микро- и наносистемной техники : методическое руководство к лабораторным работам № 5-9 для АВТФ по специальностям 200100 - Приборостроение и 200300 - Биомедицинская инженерия и РЭФ по специальности 550700 - Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Гридчин, В. А. Гридчин, А. В. Каменская].- Новосибирск, 2007.- 70, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000078111 Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2010.- 94, [1] с..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198

2	Подготовка к занятиям	ОПК-1.3,ОПК-2.2	13	0

: Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 'Электроника и микроэлектроника', 210600 - 'Нанотехнология'; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик].- Новосибирск, 2010.- 18, [1] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2005.- 43 с. : схемы,табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 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 Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 Бердинский А. С. Материалы микросистемной техники [Электронный ресурс] / А. С. Бердинский, Р. П. Дикарева, А. А. Сидорова; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2019].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000240882.- Загл. с экрана. Компоненты и технологии микро- и наносистемной техники : методическое руководство к лабораторным работам № 5-9 для АВТФ по специальностям 200100 - Приборостроение и 200300 - Биомедицинская инженерия и РЭФ по специальности 550700 - Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Гридчин, В. А. Гридчин, А. В. Каменская].- Новосибирск, 2007.- 70, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000078111 Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2010.- 94, [1] с..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198

3	Дополнительная учебная деятельность	ОПК-2.2	8	0

Дополнительная учебная деятельность по анализу предприятий и институтов региона, их рода деятельности, производственных возможностей и мощностей.: Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 'Электроника и микроэлектроника', 210600 - 'Нанотехнология'; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик].- Новосибирск, 2010.- 18, [1] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2005.- 43 с. : схемы,табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 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 Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 Бердинский А. С. Материалы микросистемной техники [Электронный ресурс] / А. С. Бердинский, Р. П. Дикарева, А. А. Сидорова; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2019].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000240882.- Загл. с экрана. Компоненты и технологии микро- и наносистемной техники : методическое руководство к лабораторным работам № 5-9 для АВТФ по специальностям 200100 - Приборостроение и 200300 - Биомедицинская инженерия и РЭФ по специальности 550700 - Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Гридчин, В. А. Гридчин, А. В. Каменская].- Новосибирск, 2007.- 70, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000078111 Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2010.- 94, [1] с..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198			
4	Подготовка к аттестации	ОПК-1.3,ОПК-2.2	30	2
: Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 'Электроника и микроэлектроника', 210600 - 'Нанотехнология'; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик].- Новосибирск, 2010.- 18, [1] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2005.- 43 с. : схемы,табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 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 Бердинский А. С. Материалы микросистемной техники [Электронный ресурс] / А. С. Бердинский, Р. П. Дикарева, А. А. Сидорова; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2019].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000240882.- Загл. с экрана. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 Компоненты и технологии микро- и наносистемной техники : методическое руководство к лабораторным работам № 5-9 для АВТФ по специальностям 200100 - Приборостроение и 200300 - Биомедицинская инженерия и РЭФ по специальности 550700 - Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Гридчин, В. А. Гридчин, А. В. Каменская].- Новосибирск, 2007.- 70, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000078111 Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2010.- 94, [1] с..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198				
5	Самостоятельное изучение теоретического материала	ОПК-1.3,ОПК-2.2	54	1

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 'Электроника и микроэлектроника', 210600 - 'Нанотехнология'; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик].- Новосибирск, 2010.- 18, [1] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774 Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2005.- 43 с. : схемы,табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161 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 Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 Бердинский А. С. Материалы микросистемной техники [Электронный ресурс] / А. С. Бердинский, Р. П. Дикарева, А. А. Сидорова; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2019].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000240882.- Загл. с экрана. Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2010.- 94, [1] с..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198 Компоненты и технологии микро- и наносистемной техники : методическое руководство к лабораторным работам № 5-9 для АВТФ по специальностям 200100 - Приборостроение и 200300 - Биомедицинская инженерия и РЭФ по специальности 550700 - Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Гридчин, В. А. Гридчин, А. В. Каменская].- Новосибирск, 2007.- 70, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000078111

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; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	e-mail; 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: 5		
Лабораторная:	20	40

Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		
РГЗ/Реферат:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		

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**	**Экзамен**
ОПК-1	ОПК-1 3. Использует экспериментальные методы определения физико-химических свойств неорганических и органических веществ	+		+
ОПК-2	ОПК-2 2. Рассчитывает длительность выполнения технологических операций с использованием нормативных справочников	+	+	+

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. 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

3. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств : учебное пособие / Г. М. Алдонин, А. К. Дашкова, Ф. В. Зандер [и др.]. — Красноярск : СФУ, 2019. — 372 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/157551 (дата обращения: 07.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Драгунов В. П. Основы наноэлектроники : [учебное пособие для вузов по специальности 200100 'Микроэлектроника и твердотельная электроника' и 201900 'Микросистемная техника'] / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2004.- 494 с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031532

2. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2008.- 354, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000113265.- Инновационная образовательная программа НГТУ 'Высокие технологии'.

3. Сухарев, А. И. Литография : учебное пособие / А. И. Сухарев. — Омск : ОмГПУ, 2020. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/189064 (дата обращения: 07.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Драгунов В. П. Микро- и наноэлектроника : [учебное пособие] / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2012.- 35, [2] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000176176

Интернет-ресурсы

1. Materialscience.ru : учебные материалы : сайт. – 2007– . – URL: http://www.materialscience.ru/ (дата обращения: 05.04.2022). – Текст : электронный.

2. СО РАН : Сибирское отделение Российской академии наук : сайт. – 1996– . – URL: https://www.sbras.ru/ (дата обращения: 05.04.2022). – Текст : электронный.

3. Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт. – Москва, 2011– . – URL: http://znanium.com/ (дата обращения: 02.03.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

4. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов : сайт. – URL: https://thesaurus.rusnano.com/ (дата обращения: 06.04.2022). – Текст : электронный.

5. RusNanoNet : российская национальная нанотехнологическая сеть : сайт. – 2008– . – URL: http://www.rusnanonet.ru/ (дата обращения: 05.04.2022). – Текст : электронный.

6. Нанотехнологическое общество России : сайт. – URL: http://rusnor.org/ (дата обращения: 05.04.2022). – Текст : электронный.

7. Научное приборостроение : электронный журнал. – ISSN 2312-2951 // Readera – платформа публикаций в области науки, технологий, медицины, образования и литературы : сайт. – 2016– . – URL: https://readera.org/nauchnoe-priborostroenie/ (дата обращения: 05.04.2022).

8. Netelectro : новости электротехники : сайт. – 2001– .– URL: https://netelectro.ru/ (дата обращения: 06.04.2022). – Текст : электронный.

9. Нанометр : нанотехнологическое сообщество : сайт. – 2006– . – URL: http://www.nanometer.ru/ (дата обращения: 22.03.2022). – Текст : электронный.

10. Радиотехника и электроника : журнал. – Текст : электронный // ИКЦ Академкнига : сайт. – ISSN 0033-8494. – URL: https://sciencejournals.ru/journal/radel/ (дата обращения: 09.03.2022).

11. ChemNet : портал фундаментального химического образования России. Наука. Образование. Технологии. – URL: http://www.chemnet.ru/ (дата обращения: 30.12.2021). – Текст : электронный.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Каменская А. В. Основы технологии материалов микроэлектроники : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2010.- 94, [1] с..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000137198

2. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

3. 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

4. Бердинский А. С. Материалы микросистемной техники [Электронный ресурс] / А. С. Бердинский, Р. П. Дикарева, А. А. Сидорова; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2019].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000240882.- Загл. с экрана.

5. Полупроводниковые материалы и их свойства : методическое руководство к лабораторной работе для РЭФ дневной и заочной форм обучения, направлений: 210100 'Электроника и микроэлектроника', 210600 - 'Нанотехнология'; специальности: 210104 - Микроэлектроника и твердотельная электроника, 210108 - Микросистемная техника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Каменская, А. Д. Бялик].- Новосибирск, 2010.- 18, [1] с. : ил., табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146774

6. Каменская А. В. Технологические процессы в микроэлектронике : учебно-методическое пособие / А. В. Каменская, Р. П. Дикарева ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2005.- 43 с. : схемы,табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044161

7. Компоненты и технологии микро- и наносистемной техники : методическое руководство к лабораторным работам № 5-9 для АВТФ по специальностям 200100 - Приборостроение и 200300 - Биомедицинская инженерия и РЭФ по специальности 550700 - Электроника и микроэлектроника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Гридчин, В. А. Гридчин, А. В. Каменская].- Новосибирск, 2007.- 70, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000078111

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Электронный словарь ABBYY ABBYY Lingvo

2 пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF Adobe Adobe Acrobat

3 Создание отчётов для лабораторных работ. Microsoft Microsoft Office

4 НГТУ DiSpace - среда электронного обучения НГТУ

5 web-браузер Google Chrome

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)	Для проведения лекций и консультаций
2	МИКРОСКОП МИИ-4	Для проведения лабораторных работ
3	ПРИБОР Щ-301/1	Для проведения лабораторных работ
4	УСТАНОВКА 830-03	Для проведения лабораторных работ
5	МИКРОСКОП МБС-10	Для проведения лабораторных работ
6	ИСТОЧНИК Б5-46	Для проведения лабораторных работ
7	УСТАНОВКА УНФ	Для проведения лабораторных работ