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
Материалы и процессы микросистемной техники

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

Курс: 2, семестр : 3

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**3**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	38
4	Лекции, час.	16
5	Практические занятия, час.	16
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	9
8	из них практической подготовки, час.	1
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	4
11	Самостоятельная работа, час.	106
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): 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. 1 Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач
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
Профессиональные компетенции	ПК-13/НА Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации.
	ПК-13/НА. 1 Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований

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. 1 Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач	
Методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Выбирать практические варианты технологии изготовления элементной базы микроэлектроники и микросистем для решения инженерных задач	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-12/НА. 1 Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований	
Физическую, химико-физическую и технологическую сущность процессов, протекающих при изготовлении микросистем; производственную гигиену: чистоту материалов и помещений; ЕСТД и её применение	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-13/НА. 1 Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований	
Проводить сквозное конструкторско-технологическое проектирование компонентов микросистемной техники, интеллектуальных микросистем, сенсоров и актюаторов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Материалы микро- и наносистемной техники					
1. Кремний, как основной материал для изготовления микросистем	2	0	0,5	ПК-11/НА.1	Лекция
2. Диэлектричекие пленки в технологии микросистем	2	0	0,5	ПК-11/НА.1	Лекция

3. Карбид кремниевые и алмазные пленки в технологии микросистем	1	0	0,5	ПК-11/НА.1	Лекция
Дидактическая единица: Физические и химические эффекты используемые в сенсора и актюаторах					
4. Физические и химические эффекты преобразования в сенсорных системах	4	0	0,5	ПК-11/НА.1, ПК-13/НА.1	Лекция
5. Виды и классификация сенсоров и сенсорных систем взависимости от входного и выходного физического/химического воздействия	4	0	0,5	ПК-11/НА.1, ПК-13/НА.1	Лекция
Дидактическая единица: Основные технологические процессы микро- и наносистемной техники					
6. Базовые технологические процессы в технологии МСТ.	2	0	0,5	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1, ПК-13/НА.1	Лекция
7. Объемная и поверхностная микромашинная технология.	1	0	0,5	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1, ПК-13/НА.1	Лекция

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Материалы микро- и наносистемной техники					
1. Микро и наноэлектромеханические балочные резонаторы на основе кремния.	2	0	0,5	ПК-11/НА.1	Практика
Дидактическая единица: Физические и химические эффекты используемые в сенсора и актюаторах					
2. Физические и химические эффекты преобразования в сенсорных системах	2	0	0,5	ПК-11/НА.1	Практика
Дидактическая единица: Основные технологические процессы микро- и наносистемной техники					
3. Двухсторонняя фотолитография. Методы субмикронной литографии.	2	0	0,5	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Практика
4. Осаждение диэлектрических пленок и поликристаллического кремния	2	0	0,5	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Практика
5. Влажное и сухое изотропное и анизотропное травление в технологии микросистем	2	0	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Практика

6. Плазмо-химическое травление в технологии микросистем. Физико-химические основы электростатического соединения кремния со стеклом.	2	0	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Паркатика
7. Глубокое реактивное ионное травление в технологии микросистем	2	0	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Практика
Дидактическая единица: Последовательность технологических операций в технологии изготовления сенсоров и актюаторов					
8. LIGA-процесс в технологии микросистем. Эффект прилипания в технологии микросистем. Сверхкритическая сушка. Самосборочные монослои.	1	0	0,5	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1, ПК-13/НА.1	Практика
9. Комбинированная технология ГРИТ и металлизации для создания МСТ структур.	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-13/НА.1	Практика

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Материалы микро- и наносистемной техники					
1. Примеры использования пористого кремния.	2	0	0	ПК-11/НА.1	Самостоятельная работа
2. Продольный микрорезонатор на пленке поли-SiC. Балочный наномеханический резонатор на пленке 3C-SiC.	2	0	0	ПК-11/НА.1	Самостоятельная работа
12. Пример использования поликремния в изготовлении электростатического микромотора.	2	0	0	ПК-11/НА.1	Самостоятельная работа
13. Использование пленок диоксида кремния ФСС и БСС.	2	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-13/НА.1	Самостоятельная работа
14. Продольный микрорезонатор на алмазной пленке.	2	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-13/НА.1	Самостоятельное изучение
15. Балочный наномеханический резонатор на пленке GaAs.	2	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-13/НА.1	Самостоятельная работа
Дидактическая единица: Физические и химические эффекты используемые в сенсора и актюаторах					
3. Виды и классификация сенсоров и сенсорных систем взависимости от входного и выходного физического/химического воздействия	4	0	0	ПК-11/НА.1	Самостоятельная работа

Дидактическая единица: Основные технологические процессы микро- и наносистемной техники					
4. Примеры использования технологии диодного стоп травления.	2	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Самостоятельная работа
5. Примеры использования p+-стоп травления	2	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Самостоятельная работа
10. Примеры использования технологии получения пленок и структур методом Sol-Gel-процесса.	4	0	0	ПК-11/НА.1	Самостоятельная работа
11. Оборудование для глубокого реактивного ионного травления. Примеры травления материалов методом ГРИТ. Примеры конструкций получаемых методом ГРИТ.	4	0	0	ПК-11/НА.1	Самостоятельная работа
Дидактическая единица: Последовательность технологических операций в технологии изготовления сенсоров и актюаторов					
6. Технология изготовления сопел, гребенчатых акюаторов и акселерометров, сеносорв угловой скорости, микроклапанов и микронасосов	4	1	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1, ПК-13/НА.1	Практика
7. EFAB процесс: используемые материалы и конструкции.	4	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.1	Самостоятельная работа
8. Комбинированная технология прямого сращивания кремниевых пластин и ГРИТ для создания МСТ структур.	4	0	0	ПК-11/НА.1	Самостоятельная работа
9. Комбинированная технология ГРИТ и КНИ для создания МСТ структур.	4	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-13/НА.1	Самостоятельная работа

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Технология изготовления сопел, гребенчатых акюаторов и акселерометров, сеносорв угловой скорости, микроклапанов и микронасосов	Самост.	Выполняет следующие виды работ: анализ информационных источников по теме "Технология изготовления сопел, гребенчатых акюаторов и акселерометров, сеносорв угловой скорости, микроклапанов и микронасосов"

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	РГЗ/Реферат	ПК-11/НА.1	46	2

Работа с рекомендованной литературой и материалами практических занятий: 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	ПК-11/НА.1	10	1
Изучениеи материала практических занятий: 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	Подготовка к аттестации	ПК-11/НА.1	6	1
Анализ замечаний по выполнению РГЗ и работа по материалам практических занятий: 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	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-11/НА.1,ПК-12/НА.1,ПК-13/НА.1	44	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : 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 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				

3.3 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	Чат
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения: Обсуждение материала практического занятия	

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 3		
Подготовка к занятиям:	6	12
Практические занятия:	10	18
РГЗ/Реферат:	10	30
Контролирующие материалы приводятся в "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"		
Экзамен:	30	40
Контролирующие материалы приводятся в "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"		

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	Экзамен
ПК-11/НА	ПК-11/НА 1. Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач	+	+
ПК-12/НА	ПК-12/НА 1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований	+	+
ПК-13/НА	ПК-13/НА 1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Dziuban J. A. Bonding in Microsystem Technology [electronic resource] / / by Jan A. Dziuban. - Dordrecht :, 2006. : v.: digital // Springer e-books. - Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-4589-1

2. Гридчин А. В. Инженерно-физические основы микросистем : учебное пособие / А. В. Гридчин; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2025.- 135, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=229803

Дополнительная литература

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699

2. Гридчин А. В. Физические основы микросистемной техники. Моделирование в ANSYS Mechanical : учебное пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2026.- 199, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=230228

Интернет-ресурсы

1. Андриевский Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы : монография / Р. А. Андриевский. — 5-е эл.изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2024. — 255 с. — ISBN 978-5-93208-799-2. — URL: https://e.lanbook.com/book/458318 (дата обращения 23.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — 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. 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

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

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Презентационное оборудование(мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления). Предназначен для проведения лекций и семинарских занятий