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
Специальные системы автоматизированного проектирования в электронике

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

Курс: 1, семестр : 2

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**2**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	52
4	Лекции, час.	16
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	32
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	9
8	из них практической подготовки, час.	8
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	2
11	Самостоятельная работа, час.	92
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. 2 Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования
Профессиональные компетенции	ПК-12/НА Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
	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. 2 Умеет применять цифровые технологии в производстве 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. 2 Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования	
Уметь писать командные файлы для моделирования технологических процессов изготовления приборов в программе SProcess.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать основные особенности скриптового языка, используемого для написания командного файла SProcess. Знать способы описания системы координат для моделирования и системы координат для имплантации относительно базовой кристаллографической системы координат.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать логическую структуру входного командного файла SProcess. Знать способы описания размеров области моделирования, исходной подложки и параметров расчётной сетки. Знать способы описания операций ионного легирования и термического отжига в инертной среде.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать способы описания операции термического окисления: сухого, влажного и в смеси газов.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать способы описания операций различных видов травления и осаждения. Знать способы описания операции фотолитографии, нанесения и удаления фоторезиста. Знать вспомогательные команды, необходимые для сохранения и визуализации результатов моделирования.	Лекции; Самостоятельная работа
Уметь писать командные файлы для моделирования электрофизических параметров приборов в программе SDevice.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать основные особенности скриптового языка, используемого для написания командного файла SDevice. Знать логическую структуру входного командного файла SDevice. Знать способы описания контактов и задания граничных и начальных условий. Знать способы описания основных электрофизических моделей, необходимых для расчёта. Знать способы описания основных математических методов, необходимых для расчёта. Знать вспомогательные команды, необходимые для сохранения и визуализации результатов моделирования.	Лекции; Самостоятельная работа
ПК-12/НА. 3 Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	

Владеть навыками работы в ОС Debian GNU/Linux.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Владеть навыками работы в системе приборно-технологического моделирования TCAD Sentaurus. Владеть навыками моделирования технологических маршрутов изготовления полупроводниковых приборов. Владеть навыками написания соответствующих входных командных файлов для программы SProcess. Владеть навыками обработки, визуализации и анализа результатов технологического моделирования в программе SProcess.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Владеть навыками проведения вычислительных экспериментов по моделированию технологических маршрутов изготовления полупроводниковых приборов со множеством варьируемых параметров. Владеть навыками написания соответствующих входных командных файлов для программы SProcess с включением переменных величин. Владеть навыками обработки, визуализации и анализа результатов технологического моделирования множественных вычислительных экспериментов в программе SProcess.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Владеть навыками моделирования электрофизических характеристик полупроводниковых приборов. Владеть навыками написания соответствующих входных командных файлов для программы SDevice. Владеть навыками обработки, визуализации и анализа результатов электрофизического моделирования в программе SDevice.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Владеть навыками "сквозного" приборно-технологического TCAD-моделирования полупроводниковых приборов на примере биполярного транзистора. Владеть навыками моделирования технологических маршрутов изготовления полупроводниковых транзисторов.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Владеть навыками "сквозного" приборно-технологического TCAD-моделирования полупроводниковых приборов на примере биполярного транзистора. Владеть навыками моделирования электрофизических характеристик полупроводниковых транзисторов.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-14/НА. 2 Умеет применять цифровые технологии в производстве изделий микроэлектроники	
Знать основы моделирования процесса ионной имплантации. Знать основные аппроксимационные модели ионной имплантации: модель Гаусса, модель Пирсон-IV, сдвоенная Гауссиана, двойной Пирсон-IV, Гауссиана с экспоненциальным хвостом. Знать параметры основных аналитических моделей ионной имплантации. Знать основы моделирования процесса диффузии, законы Фика. Знать основные аппроксимационные модели диффузии: модель эффективного коэффициента диффузии, модель с постоянным уровнем Ферми, трёхпотоковая и пятипотоковая модели. Знать параметры основных аналитических моделей диффузии.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать основы моделирования процесса термического окисления. Знать основные аппроксимационные модели термического окисления: модель Дила-Гроува и Массауда. Знать параметры основных аналитических моделей термического окисления.	Лекции; Самостоятельная работа
Иметь представление об элементной базе современной микро- и наноэлектроники, микросистемной техники, современных материалах. Иметь представление о программах "сквозного" приборно-технологического моделирования. Иметь представление об основных электрофизических моделях: диффузионно-дрейфовая, гидродинамическая, термодинамическая и их параметрах.	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Моделирование технологических процессов в TCAD Sentaurus.					

1. Sentaurus Process: создание командного файла - основные правила и системы координат.	2	0	0	ПК-11/НА.2	Конспектирование.
2. Sentaurus Process: создание командного файла - головная часть, имплантация и диффузия.	2	0	0	ПК-11/НА.2	Конспектирование.
3. Основные аналитические модели операций ионной имплантации и диффузии.	2	0	0	ПК-14/НА.2	Конспектирование.
4. Sentaurus Process: создание командного файла - окисление, отжиг в различных атмосферах.	2	0	0	ПК-11/НА.2	Конспектирование.
5. Основные аналитические модели операции термического окисления.	2	0	0	ПК-14/НА.2	Конспектирование.
6. Sentaurus Process: создание командного файла - травление, осаждение, фотолитография и вспомогательные команды.	2	0	0	ПК-11/НА.2	Конспектирование.
Дидактическая единица: Моделирование электрофизических параметров в TCAD Sentaurus.					
7. Sentaurus Device: создание командного файла - логическая структура, входные и физические секции.	2	0	0	ПК-11/НА.2	Конспектирование.
8. Sentaurus Device: создание командного файла - расчётные секции.	2	0	0	ПК-11/НА.2	Конспектирование.

Темы лабораторных работ	**Часы**	**Из них в форме практ. подг., час.**	**Активные формы, час.**	**Индикаторы достижения компетенций**	**Учебная деятельность**
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Моделирование технологических процессов в TCAD Sentaurus.					
1. Знакомство с ОС Debian GNU/Linux.	4	1	2	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.
2. Знакомство с TCAD Sentaurus: моделирование технологического маршрута изготовления полупроводникового диода.	4	1	1	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.
3. Множественные вычислительные эксперименты и сценарии в TCAD Sentaurus.	4	1	1	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.
6. Моделирование технологического маршрута изготовления биполярного транзистора.	4	1	1	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.
Дидактическая единица: Моделирование электрофизических параметров в TCAD Sentaurus.					

4. Моделирование прямой ветви ВАХ полупроводникового диода.	4	1	1	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.
5. Моделирование обратной ветви ВАХ полупроводникового диода.	4	1	1	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.
7. Сквозное TCAD-моделирование входной ВАХ биполярного транзистора.	4	1	1	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.
8. Сквозное TCAD-моделирование выходной ВАХ биполярного транзистора.	4	1	1	ПК-12/НА.3	Выполнение лабораторной работы.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Знакомство с ОС Debian GNU/Linux.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.
2	Знакомство с TCAD Sentaurus: моделирование технологического маршрута изготовления полупроводникового диода.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.
3	Множественные вычислительные эксперименты и сценарии в TCAD Sentaurus.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.
4	Моделирование технологического маршрута изготовления биполярного транзистора.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.
5	Моделирование прямой ветви ВАХ полупроводникового диода.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.
6	Моделирование обратной ветви ВАХ полупроводникового диода.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.
7	Сквозное TCAD-моделирование входной ВАХ биполярного транзистора.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.
8	Сквозное TCAD-моделирование выходной ВАХ биполярного транзистора.	Лб	Выполняет следующие виды работ: выполнение лабораторной работы.

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-14/НА.2	44	1
Выполнение индивидуального задания.: Рахвалова М. Н. Методические рекомендации по написанию и защите письменных работ [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / М. Н. Рахвалова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000160381. - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к занятиям	ПК-12/НА.3	32	0
Изучение теоретического материала по темам лабораторных работ и оформление отчётов.: Моделирование нанотранзисторов в TCAD SENTAURUS : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин и др.]. - Новосибирск, 2010. - 103 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146909				

3	Подготовка к аттестации	ПК-11/НА.2,ПК-14/НА.2	16	1
Повторение теоретического материала по темам 2 семестра.: Моделирование нанотранзисторов в TCAD SENTAURUS : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин и др.]. - Новосибирск, 2010. - 103 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146909				

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:cherkaev@corp.nstu.ru; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail:cherkaev@corp.nstu.ru; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail:cherkaev@corp.nstu.ru; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	e-mail:cherkaev@corp.nstu.ru; 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: 2		
Лекция: Написание конспектов	8	16
Лабораторная: Выполнение и защита отчётов	20	40
РГЗ/Реферат:	12	24
Зачет:	10	20

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 2. Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования			+
ПК-12/НА	ПК-12/НА 3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	+		+
ПК-14/НА	ПК-14/НА 2. Умеет применять цифровые технологии в производстве изделий микроэлектроники		+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Королев, М. А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : в 2 ч. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование : учебное пособие / М. А. Королев, Т. Ю. Крупкина, М. А. Ревелева ; под общ. ред. Ю. А. Чаплыгина. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 400 с. - ISBN 978-5-00101-814-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1201961 (дата обращения: 10.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Рахвалова М. Н. Методические рекомендации по написанию и защите письменных работ [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / М. Н. Рахвалова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000160381. - Загл. с экрана.

Интернет-ресурсы

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: http://e.lanbook.com. - Загл. с экрана.

2. eLIBRARY.RU (Научная электронная библиотека РФФИ) [Электронный ресурс]. – [Россия], 1998. – Режим доступа: http://(www.elibrary.ru). – Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система НГТУ [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. – [Россия], 2011. – Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/. – Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Моделирование нанотранзисторов в TCAD SENTAURUS : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин и др.]. - Новосибирск, 2010. - 103 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000146909

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 САПР Приборно-технологического моделирования SYNOPSYS TCAD Sentaurus

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

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Проектор BenQ	Используется в учебном процессе
2	Компьютерный класс	Компьютеры используются в учебном процессе