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
Физические основы микро- и наносистемной техники

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль: Микроэлектроника и наноэлектроника

Курс: 3, семестр : 6

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**6**
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.	8
8	из них практической подготовки, час.	8
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): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

ФГОС введен в действие приказом №927 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 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 Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-6/НА Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПК-6/НА. 1 Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов
Универсальные компетенции	УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
	УК-1. 2 Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-6/НА. 1 Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов	
знать методики экспериментального исследования и компьютерного моделирования микросистем.	Лекции;
уметь строить физические и математические модели элементов и компонентов микросистем.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь рассчитывать параметры моделируемых микросистем (чувствительность, нелинейность, гистерезис, и т.п.)	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь использовать специализированные программные средства при решении профессиональных задач.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
УК-1. 2 Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	
знать классификацию микро- и наносистем и основные термины, применяемые при описании микросистем.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
знать физические явления и эффекты, используемые для получения измерительной и управляющей информации: электрические, механические, тепловые, магнитные, оптические, химические, биологические, радиационные.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь обосновывать выбор конкретного пути решения инженерной задачи с опорой на конструктивные особенности рассматриваемого объекта и физические особенностирассматриваемого явления.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
уметь проводить систематические исследования, анализ и синтез информации, полученной из литературных источников.	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: 6					
Дидактическая единица: Классификация микросистем. Основные определения и термины.					

1. Общая концепция микросистемы.	2	0	0	ПК-6/НА.1	Общая терминология микросистем. Элементы и компоненты. Классификация сенсоров и преобразователей. Актюаторы. МЭМС-конвертеры, МЭМС-интерфейсы, МЭМС=контроллеры. Сигнальный процессор.
2. Общие вопросы микросистемной техники.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Тензор, как математический объект. Ковариантные и контравариантные координаты. Правило суммирования Эйнштейна. Преобразование тензора при смене базиса. Сенсор, как измерительная микросистема. Основные метрологические характеристики сенсора.
3. Технологические основы микросистемной техники.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Трехмерное профилирование кремния. SCREAM- и Sosch-процессы. LIGA-процесс. "Жертвенные" технологии. HEXSIL- и HARPSS-технологии. Микропечать и стереолитография. Субмикронная импринтная литография. Анодное соединение элементов микросистем. Прямое сращивание кремния с кремнием.
4. ВВедение в наносистемную технику.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Наносистемная техника, как развитие микросистемной техники. Нанотрубки, нанопроволоки и наноплёнки. Механизм VLS. Методы создания нанообъектов: метод дугового разряда, метод солнечного испарения, метод осаждения из газовой фазы, метод трафаретной печати, метод направленного выращивание нанопроволок. Разделение нанопроволок и управление ими.
Дидактическая единица: Механические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					

5. Тензорезистивные сенсоры механических величин.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Тензоры деформаций и механических напряжений. Закон Гука в тензорной и матричной формах. Условия жёсткого защемления. Принцип Сен-Венана. Тензорезистивный эффект в металлах и кремнии. Влияние температуры и степени легирования кремния. Топологии тензорезистивных сенсоров давления: "собачья кость", меандр, "Греческий крест".
6. Другие виды сенсоров механических величин.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Свойства поликристаллического кремния. Тензорезистивный эффект в поликристаллическом кремнии. Сенсоры ёмкостного типа. Математическая модель сенсора давления ёмкостного типа. Основные концепции построения акселерометров. Математическое описание работы акселерометра. Конструкция кремниевого тензорезистивного акселерометра.
7. Пьезоэлектрические сенсоры и введение в микрофлюидику.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Пьезоэлектрическое материалы. Физическое описание пьезоэлектрического эффекта. Выходной сигнал пьезоэлектрического сенсора. Микрофлюидика, как область микросистемной техники. Расходомеры. Сенсоры плотности и вязкости. Микросистемные клапаны и их конструктивные особенности.
Дидактическая единица: Термические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					

8. Физические основы работы термических сенсоров.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Термические сенсоры, как измерительные приборы. Механизм теплообмена. Электротепловая аналогия. Феноменологическое описание конвективного теплообмена. Критерии подобия. Термоанемометры. Термические сенсоры, чувствительные к направлению теплового потока. Термические вакуумметры.
9. Другие виды термических сенсоров и микросистем.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Принципы работы терморезисторов. Особенности работы металлических и полупроводниковых терморезисторов. Диоды и транзисторы в качестве термочувствительных элементов. Термисторы. Элементы Пельтье и Джоуля-Томсона. Термический конвертер среднеквадратичного напряжения. Биморфный термический актюатор. Микроэлектромеханическ ие нагреватели.
Дидактическая единица: Оптические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
10. Физические основы работы оптических сенсоров.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Общие принципы работы и классификация. Метрологические характеристики. Энергетический и фотометрический подход к описанию излучения. Оптические сенсоры прямого действия: фоторезисторы, фотодиоды, солнечные ячейки.

11. Другие виды оптических сенсоров и микросистем.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	БазоОптические сенсоры непрямого действия: термопары, пирометры, болометры, тепловизоры. Ячейки Голея. Общая характеристика оптических актюаторов. Светоизлучающие диоды (LED, OLED). Газовые и твердотельные лазеры. Лампы накаливания. Торсионные микрозеркала. Электростатические модуляторы мембранного типа и другие оптические модуляторы.
Дидактическая единица: Магнитные сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
12. Физические основы работы магнитных сенсоров и микросистем.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Общие принципы магнитных измерений. Эффект Холла в металлах и полупроводниках. Учёт рассеяния зарядов, формы области растекания тока и геометрии контактов. Метрологические характеристики сенсоров Холла. Физический и геометрический магниторезистивный эффекты. Конструкции магниторезисторов. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы с одним и двумя коллекторами. Полевые магнитотранзисторы.
13. Магнитометры.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Шкала магнитных полей. Виды магнитометров. Феррозондовые и туннельные магнитометры. Эффект сверхпроводимости. Бозе- и ферми-газы. Бозе-конденсация и куперовские пары. Термическое разрушение сверхпроводящего состояния. Разрушение сверхпроводящего состояния под влиянием тока и магнитного поля. Эффект Джозефсона и его применение. Сверхпроводящие квантовые интерферометры (СКВИДы).
Дидактическая единица: Химические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					

14. Физические основы работы химических сенсоров и микросистем.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Общая характеристика и классификация химических сенсоров. Пассивные химические сенсоры: хеморезисторы, хемоконденсаторы, металлооксидные сенсоры, микрокалориметры. Активные химические сенсоры: химические полевые транзисторы (ХЧПТ), транзисторы адсорбционного типа, ионно-чувствительные и биоселективные полевые транзисторы (ADFET, ISFET, CHEMFET).
15. Другие виды химических сенсоров, преобразователей и микросистем.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Электрохимические преобразователи. Конструкция и принцип действия электрохимической ячейки. Гравиметрические сенсоры. "Электронные носы" и "электронные языки". Оптические химические сенсоры. Тензорезистивные pH- и rH-метры. Общие принципы действия химических микроаналитических систем. Электрофорез и ПЦР-методы.
Дидактическая единица: Биологические сенсоры и микросистемы, нейроинтерфейсы.					
16. Биологические сенсоры и микросистемы.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Основные принципы работы биологических сенсоров. Оптические, термические, ионно-селективные, электрохимические, энзимные биосенсоры. Физические особенности их работы. Основные принципы работы биологических актюаторов. Нервный импульс, как биологический сигнал. Биоэлектрические интерфейсы. Биомеханические микросистемы.
Дидактическая единица: Детекторы ионизирующего излучения.					

17. Детекторы ионизирующего излучения.	2	0	0	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Ионизирующее излучение: альфа-, бета-, гамма-, нейтронное излучение, их характеристики. Радиометрия. Сцинтилляционные счётчики. Счётчики Гейгера - Мюллера. Ионизационная камера. Полупроводниковые детекторы. Другие детекторы ядерных частиц.

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Классификация микросистем. Основные определения и термины.					
1. Программный комплекс ANSYS, как среда моделирования микросистем.	4	2	2	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Знакомство с программным комплексом ANSYS Mechanical, изучение его основных функций, системы поиска информации, подготовка презентации и сообщения по одной из тем, предложенных в списке.
Дидактическая единица: Механические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
2. Создание геометрии микросистем с помощью Mechanical APDL.	4	2	2	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Общая характеристика и запуск приложения ANSYS Mechanical APDL. Описание рабочего стола ANSYS Mechanical APDL. Аналитический расчёт ключевых точек создаваемой модели (задание ключевых точек, линий, площадей, объёмов). Решение практических задач.

3. Моделирование механических свойств упругих элементов микросистем.	4	2	2	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Изучение команд языка программирования APDL. Задание свойств материала. Задание типа конечного элемента. Задание граничных условий. Разбиение модели на конечные элементы. Задание пути вывода данных. Вывод распределения прогибов, деформаций и механических напряжений. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования. Решение практических задач.
4. Исследование модели тензорезистивного сенсора давления.	4	2	2	ПК-6/НА.1, УК-1.2	Аналитический расчёт нагрузочной характеристики и чувствительности тензочувствительного элемента. Создание геометрии тензорезистивной структуры. Наложение граничных условий и нагрузок. Расчёт нагрузочной характеристики в каждом из положений тензочувствительного элемента. Исследование зависимости вида нагрузочной характеристики от питания тензочувствительного элемента от источника напряжения и от источника тока. Расчёт чувствительности тензочувствительного элемента по результатам моделирования. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования. Формирование вывода.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Механические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					

1. Тензорезистивный эффект.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Общая характеристика тензорезистивного эффекта. Тензорезистивный эффект в металлах. Феноменологическое описание тензорезистивного эффекта в кремнии. Тензоры эластопроводности и пьезосопротивления. Влияние температуры и степени легирования на тензорезистивный эффект. Нанопроволоки в качестве чувствительных элементов.
2. Физические основы работы акустических сенсоров.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Звуковые волны, их характеристики. Электромеханоакустическая аналогия. Акустические индуктивность, сопротивление и емкость. Закон Пуазейля. Конструктивные особенности микрофонов.
3. Механические актюаторы.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Электростатический принцип актюации. Электростатические механические актюаторы балочного типа. Торсионные электростатические актюаторы. Роторные и линейные микромоторы. Механические резонаторы.
Дидактическая единица: Магнитные сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
4. Магнитометры и другие магнитные сенсоры.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Общая характеристика магнитометров. Шкала магнитных полей. Эффект Ганна и магнитометры на его основе. Феррозондовые и туннельные магнитометры. Магнитные сенсоры на туннельных диодах.
5. Физические основы работы магнитных микросистем.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Магнитооптический эффект Фарадея и его применение на практике. Эффекты магнитной анизотропии. Магнитострикционный эффект.Фотоэлектромагнитный эффект.

6. Магнитные актюаторы и микросистемы.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Микроэлектромагниты и их применение. Магнитные микромоторы. Магнитные читающие и записывающие головки. Другие виды магнитных микросистем (магнитная дверца, магнитные дефектоскопы, магнитно-резонансные сенсоры).
Дидактическая единица: Химические сенсоры, преобразователи и микросистемы.					
7. Инженерно-физические основы измерения влажности.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Основные термины и соотношения. Измерения при помощи конденсационного гигрометра. Измерения при помощи сорбционного гигрометра. Тензорезистивные pH/rH-метры. Гигрометры резистивного типа. Гигрометры емкостного типа.
8. Химические преобразователи.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Химические микроаналитические системы. Электрофорез и ПЦР, микросистемы на их основе. Лаборатории на чипе.
Дидактическая единица: Биологические сенсоры и микросистемы, нейроинтерфейсы.					
9. Биомеханические микросистемы.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Биомеханические микросистемы. Цитоскелеты и микротрубочки. Реснички и жгутики. Мыщцы.
10. Другие биологические сенсоры и биомикросистемы.	3	0	0	ПК-6/НА.1	Гибридные биосенсоры. Механические и термические биомикросистемы. Нейроинтерфейсы.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Программный комплекс ANSYS, как среда моделирования микросистем.	Лб	Выполняет следующие виды работ: оценка функциональности дизайна программного комплекса ANSYS, извлечение информации из справочной системы, составлени презентации и сообщения, подготовка ответов на контрольные вопросы.
2	Создание геометрии микросистем с помощью Mechanical APDL.	Лб	Выполняет следующие виды работ: аналитический расчёт координат узлов модели. Рисование геометрии модели в приложении ANSYS Mechanical APDL. Решение практических задач.

3	Моделирование механических свойств упругих элементов микросистем.	Лб	Выполняет следующие виды работ: изучение команд языка программирования APDL. Задание свойств материала. Задание типа конечного элемента. Задание граничных условий. Разбиение модели на конечные элементы. Задание пути вывода данных. Вывод распределения прогибов, деформаций и механических напряжений на заданный путь. Аналитический расчёт прогибов, деформаций и механических напряжений. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования. Решение практических задач.
4	Исследование модели тензорезистивного сенсора давления.	Лб	Выполняет следующие виды работ: аналитический расчёт нагрузочной характеристики и чувствительности тензочувствительного элемента. Создание геометрии терзорезистивной структуры. Наложение граничных условий и нагрузок. Расчёт нагрузочной характеристики в каждом из положений тензочувствительного элемента. Исследование зависимости вида нагрузочной характеристики от питания тензочувствительного элемента от источника напряжения и от источника тока. Расчёт чувствительности тензочувствительного элемента по результатам моделирования. Сравнение результатов аналитического и численного моделирования.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Исследовательская работа по моделированию узлов и элементов микросистем.	ПК-6/НА.1,УК-1.2	50	0
В рамках исследовательской работы студенты самостоятельно, но под общим руководством ведущего лектора выполняют аналитическое и конечно-элементное моделировани узлов и элементов микросистем различного назначения и области применения. В рамках этого она составляют конечно-элементные модели в среде ANSYS или её аналогах, верифицируют её и исследуют её поведение в различных режимах.: Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				
2	Подготовка к аттестации	ПК-6/НА.1,УК-1.2	10	2
Повторение изученного теоретического и правтического материала, подготовка примерных ответов на заранее выданные вопросы: Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-6/НА.1	30	0

Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412

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; Портал НГТУ; Социальные сети
Консультирование	Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Социальные сети; ЭБС

Таблица 3.5

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Метод проектов
Краткое описание применения: Создание компьютерных моделей различных сенсоров, актюаторов и микросистем.	

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: 6		
Подготовка к занятиям:	0	
Лабораторная:	12	24
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412"		
РГЗ/Реферат:	28	56
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита РГЗ/Р	Зачет
ПК-6/НА	ПК-6/НА 1. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов	+	+
УК-1	УК-1 2. Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности.	+	+

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

5. Литература

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

3. 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

4. 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

Дополнительная литература

1. Гридчин А. В. Микродатчики и микросистемы. Краткий курс лекций : [учебное пособие] / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2021.- 224, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000245580

2. 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.

Интернет-ресурсы

1. Меледина Т. В. Методы планирования и обработки результатов научных исследований [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Т. В. Меледина, М. М. Данина. - Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. - 110 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/70915. - Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учебно-методическое пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 78, [1] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412

6.2 Специализированное программное обеспечение

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется

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

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	Компьютер AGUARIUS	Используется в учебном процессе