

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

Направление: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Иванов Николай Аркадьевич
Дата подписания: 11.08.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Ченский Александр
Геннадьевич
Дата подписания: 30.08.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Ниндакова Лидия
Очировна
Дата подписания: 27.08.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Основы современной микро- и наноэлектроники» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественно-научных и математических моделей	ОПК-1.1
ОПК-5 Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов	ОПК-5.2
ОПК-7 Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий и микросистемной техники	ОПК-7.2
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК-1.1	Знает: принципы и методы формирования элементов микро- и наноэлектроники; Умеет: оперировать современными знаниями микро- и наносистем; Владеет: навыками применения математического аппарата для описания явлений микромира	Знать Знать современное состояние микро и наноэлектроники, историю развития направления, основные достижения в мире Уметь Уметь объяснить влияние развития микро- и наноэлектроники на современное состояние науки и технологий Владеть Владеть современными знаниями в развитии микро- и наноразмерных устройств и элементов
ОПК-5.2	Знать: особенности функционирования элементов микро- и наноэлектроники с учетом их размерного фактора. Уметь: объяснить проявление уникальных свойств элементов и устройств связанных с размерным фактором. Владеть: аппаратом математической физики для планирования элементов и структур,	Знать Знать: особенности функционирования элементов микро- и наноэлектроники с учетом их размерного фактора. Уметь Уметь: объяснить проявление уникальных свойств элементов и устройств связанных с размерным фактором. Владеть Владеть: аппаратом математической физики для планирования структуры

	обладающих уникальными свойствами, для применения в устройствах микро- и нанoeлектроники	нанообъектов
ОПК-7.2	Знать: фундаментальные законы и ограничения, влияющие на функциональные характеристики микро- и наносистем. Уметь: применять фундаментальные законы физики при планировании свойств элементов микро- и нанoeлектроники. Владеть: аппаратом теоретической физики для объяснения свойств элементов микро- и наносистем	Знать Знать фундаментальные законы и ограничения, влияющие на функциональные характеристики микро- и наносистем. Уметь Уметь применять фундаментальные законы физики при планировании свойств элементов микро- и нанoeлектроники. Владеть Владеть аппаратом теоретической физики для объяснения свойств элементов микро- и наносистем
УК-1.2	Формирование знаний в области современного состояния микро и нанoeлектроники, проявления особенностей размерноограниченных структур	Знать Знать современное состояние микро и нанoeлектроники, историю развития направления, основные достижения в мире Уметь Уметь объяснить влияние развития микро- и нанoeлектроники на современное состояние науки и технологий Владеть Владеть современными знаниями в развитии микро- и наноразмерных устройств и элементов

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Основы современной микро- и нанoeлектроники» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Процессы микро- и нанотехнологий», «Актуальные проблемы современной нанотехнологии»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Лазерная спектроскопия наноматериалов», «Квантовая и оптическая электроника в микро- и наносистемах», «Испытания и диагностика микро- и наносистем»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	28	28
лекции	14	14
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	14	14

Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение в микро- нанoeлектронику	1	2			1	2	2	20	Устный опрос
2	Физические свойства полупроводников, применяемых в микроэлектроник е	3	2			2	2			Устный опрос
3	Типовые операции. Получение кремния для МЭ	4	2			4	2			Устный опрос
4	Методы повышения степени интеграции	7	2			7	2			Устный опрос
5	Переход от микро- к нанoeлектроннике	2	2			5	2	1	42	Устный опрос
6	Изготовление наноструктур					3	2	3	18	Устный опрос
7	Устройства нанoeлектроники	5, 6	4			6	2			Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		14				14		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в микро-нанoeлектронику	Современное состояние микроэлектроники. Достижения в области производства п/п материалов для ИМС и технологии изготовления ИМС. МЕМС-технология. Оптоэлектроника. Нанотехнологии. Новые приборы

2	Физические свойства полупроводников, применяемых в микроэлектронике	Электрофизические свойства полупроводников, применяемых в микроэлектронике. Кремний, арсенид галлия, другие полупроводниковые материалы.
3	Типовые операции. Получение кремния для МЭ	Типовые операции процесса изготовления п/п ИМС. Очистка и выращивание монокристаллического кремния. Метод зонной плавки, метод Стокбаргера, метод Чохральского.
4	Методы повышения степени интеграции	Пути повышения степени интеграции, рабочей частоты и снижения энергопотребления в кремниевых микросхемах. Современные и перспективные методы литографии. Технология "кремний на диэлектрике" Напряженный кремний: реализация и применение 3D-затворы. Транзисторы Fin-FET. Применение материалов с малой и большой диэлектрической проницаемостью.
5	Переход от микро- к наноэлектронике	Переход от микро- к наноэлектронике. Квантовые эффекты в наноструктурах.
6	Изготовление наноструктур	Способы изготовления наноструктур. Гетеропереходы. Микрокластеры
7	Устройства наноэлектроники	Новые приборы наноэлектроники – устройства на основе квантовых эффектов.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Устный опрос, решение задач	2
2	Устный опрос, решение задач	2
3	Устный опрос, решение задач	2
4	Устный опрос, решение задач	2
5	Устный опрос, решение задач	2
6	Устный опрос, решение задач	2
7	Устный опрос, решение задач	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	42
2	Подготовка к практическим занятиям	20
3	Проработка разделов теоретического материала	18

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссии, компьютерные симуляции

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса. Активность на практических занятиях оценивается по следующим критериям: ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем; участие в дискуссиях; выполнение проектных и иных заданий; ассистирование преподавателю в проведении занятий. Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений. Оценивание практических заданий входит в накопленную оценку.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Игумнов Д. В. Основы микроэлектроники [Электронный ресурс] / Д. В. Игумнов, Г. В. Королев, И. С. Громов, 1991. – 254

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Проведение процедуры в формате "вопрос-ответ". Пять вопросов.

Критерии оценивания.

Оценка по количеству правильных ответов

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК-1.1	Проявляет хорошее знание современного состояния микро-и наноэлектроники и особенности проявления эффектов в результате	Устный опрос по основным категориям и понятиям, зачет

	размерного ограничения	
ОПК-5.2	Демонстрирует знания особенностей функционирования устройств на основе элементов микро- и наноэлектроники с учетом размерного фактора	Устный опрос по основным категориям и понятиям, зачет
ОПК-7.2	Демонстрирует хорошее знание результатов проявления размерных ограничений элементов используемых в микро- и наноэлектронике	Устный опрос по основным категориям и понятиям, зачет
УК-1.2	Демонстрирует хорошее знание результатов проявления размерных ограничений элементов используемых в микро- и наноэлектронике	Устный опрос по основным категориям и понятиям, зачет

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Выполняется письменное задание из трех вопросов по основным темам.

Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине
 Физические свойства полупроводников, применяемых в микроэлектронике
 Типовые операции. Получение кремния для МЭ
 Метод масок. Литография
 Эпитаксия, легирование
 Травление, окисление, нанесение пленок
 Проводящая разводка и электрические контакты
 Изоляция элементов
 Методы повышения степени интеграции
 Переход от микро- к наноэлектронике
 Изготовление наноструктур

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Правильный ответ хотя бы на два вопроса	Неправильный ответ хотя бы на два вопроса

7 Основная учебная литература

1. Степаненко Игорь Павлович. Основы микроэлектроники : [Учеб. пособие для вузов] / И. П. Степаненко, 2003. - 488.
2. Ефимов И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, 2008. - 383.

3. Смирнов Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов, 2013. - 495.
4. Игумнов Д. В. Основы микроэлектроники [Электронный ресурс] / Д. В. Игумнов, Г. В. Королев, И. С. Громов, 1991. - 254.
5. Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине "Основы микроэлектроники" [Электронный ресурс] : для студентов по направлению подготовки/специальности 11.03.01 "Радиотехника" / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, 2018. - 26.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Аваев Н. А. Основы микроэлектроники : учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов / Н. А. Аваев, Ю. Е. Наумов, В. Т. Фролкин, 1991. - 287.
2. Ефимов И. Е. Основы микроэлектроники : для электротехнических институтов связи / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, 1975. - 272.
3. Физико-технологические основы микроэлектроники : сб. науч. тр. / Ташк. политехн. ин-т им. Абу Райхана Беруни, 1985. - 96.
4. Марголин В. И. Физические основы микроэлектроники : учебник для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления "Проектирование и технология электронных средств" / В. И. Марголин, В. А. Жабров, В. А. Тупик, 2008. - 398.
5. Физические основы микроэлектроники : конспект лекций для студентов вечернего и заочного факультетов специальности "Конструирование и производство радиоаппаратуры" / И. М. Гранкин. Ч. 1, 1974. - 82.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.