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
Микро- и наносистемы в технике и технологии

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

Курс: 1 2, семестры : 2 3

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр	
№	Вид деятельности	2	3
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	1	1
2	Всего часов	36	36
3	Всего занятий в контактной форме, час.	20	20
4	Лекции, час.	8	8
5	Практические занятия, час.	8	8
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	5	4
8	из них практической подготовки, час.	5	4
9	Аттестация, час.	2	2
10	Консультации, час.	2	2
11	Самостоятельная работа, час.	16	16
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)		Р
13	Вид аттестации	3	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: Факультативные дисциплины, 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. 2 Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования
	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. 1 Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач	
Знать физико-химические закономерности и технологии получения современных тонкопленочных (монослойных) наноматериалов и их свойства	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-12/НА. 2 Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	
Знать экспериментальные методики исследования свойств монослойных материалов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-12/НА. 3 Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	
Знать конструкции и технологии создания приборных структур на основе монослойных материалов, базовых физических принципах их функционирования, характеристиках и особенностях применения	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-14/НА. 2 Умеет применять цифровые технологии в производстве изделий микроэлектроники	
Знать физические принципы создания нового поколения быстродействующих приборов и устройств на основе монослойных материалов	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: 2					
Дидактическая единица: Наноматериалы и нанотехнологии					

1. Определения и особенности наноматериалов и нанотехнологий, силы преобладающие на наноуровне, примеры наноматериалов и особенности их свойств, Ван дер Вальсовские гетероструктуры, эффект геккона, поверхностное натяжение и эффект лотоса, особенности свойств нанокриаталлов, метаматериалы, графен и др. монослойные материалы, история открытия графена	2	0	0	ПК-11/НА.1	Лекция
Дидактическая единица: Основные свойства графена					
2. Кристалографическое строение графена, зонные структуры графена, мультиграфена и графита, термодинамическая стабильность графена, парадокс Клейна, квантовый эффект Холла, комбинационное рассеяние света в графене, проводимость и подвижность графена и методы их определения, теплопроводность, оптические свойства графена, поглощение света в графене, механические свойства	2	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Методы получения графена					
3. механическое отслоение графена от графита, электростатическое отслоение графена, химические методы получения графена, CVD осаждение графена на металлические подложки, выбор и подготовка подложки для роста, современные подходы к выращиванию графена на меди и последние достижения, рост монокристаллов графена, рост на расплавленных подложках, эпитаксия на SiC, взаимодействие выращенных слоев с подложкой SiC, методы и подходы при диагностики свойств выращенных слоев	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Лекция

Дидактическая единица: Методы переноса графена на произвольную подложку					
4. прямой перенос графена, перенос с использованием промежуточной полимерной пленки, виды полимерных пленок, методы определения параметров, сравнение параметров получаемых слоев и критерии качества переноса, перенос с использованием установки штамповой литографии, создание изолирующего слоя под графеном без его переноса, перенос графена большой площади на полимерные пленки, свойства графена на полимерной подложке, проблема образования складок при переносе графена	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Другие монослойные материалы и гетероструктуры на основе графена					
5. Методы получения и методы исследования монослойных материалов, гексагональный нитрид бора hBN и его свойства, проблема подложек для графена, гетероструктуры графен / hBN, получение слоев hBN, квантовые точки графена в матрице hBN, взаимодействие графена с hBN, дихалькогениды переходных металлов, получение и свойства слоев MoS2 транзисторы и элементы логики с использованием слоя MoS2 , гетероструктуры графен - MoS2 - hBN, элементы памяти, гетероструктуры для фотовольтаики со слоями WS2, наноленты из силицина, 2Dматериалы для Ван дер Ваальсовских гетероструктур.	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Функционализация графена					

6. виды функционализации, ковалентная функционализация, производные графена с широкой запрещенной зоной: окись графена, методы исследования функционализированных слоев, гидрированный графен, графан, графон, фторографен, графеновая бумага и ее свойства, направления работ по ковалентной функционализации графена, нековалентная функционализация графена, открытие запрещенной зоны графена, функционализация подложки, легирование графена, нанокомпозитные материалы и их применение.	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Лекция
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Трехмерные наноструктуры и технологии их создания					
7. полупроводниковые нитевидные нанокристаллы, вискеры, механизм роста "пар-жидкость-кристалл", свойства, структура и применение нитевидных нанокристаллов, углеродные нанотрубки, капиллярное формование 3D наноструктур из углеродных трубок, формирование 3D наноструктур из напряженных мультислоев, расширение функциональных возможностей 3D наноструктур, графен на напряженных подложках, графен и углеродные трубки для полевых эмиттеров, электростатические наноразмерные машины, 3D-нанообъекты, изготовленные литографией с использованием самоорганизующихся органических наночастиц, или посредством "печати".	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Применение графена					

8. Области применения графена, сенсоры газов на основе графена и мультиграфена, биосенсоры, светоизлучающие диоды, прозрачные электроды, сенсорный экран из графена, графен для гибкой оптоэлектроники, фотодетектор на графене, оптический модулятор с электродами из графена.	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-14/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Элементы памяти с использованием наноматериалов					
9. элементы энергонезависимой флэш-памяти на объемных материалах, требования и существующие проблемы, элементы памяти на полупроводниковых нанокристаллах, элементы памяти с металлическими нанокристаллами, флеш-пфмять на графене, резистивная память, память на основе мультиграфена, резистивная память на основе оксида графена и физические основы переключений сопротивления, сравнение параметров флэш- и резистивной памяти.	1	0	0	ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Транзисторы на основе графена и других монослойных материалов					
10. примеры реализации транзисторов на графене, транзистор на биграфене, транзисторы на гидрированном графене, транзисторы с подвешенным графеном, транзистор на вертикальных гетероструктурахс использованием слоев h-BN, MoS2, WS2 и их характеристики, транзистор на гетероструктуре графен на кремнии.	1	0	0	ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Сверхрешетки, квантовые точки, наноленты из графена, наноструктурированный графен					

11. Методы создания и методы исследования, латеральные сверхрешетки на основе графена, квантовые точки графена в матрице фторографена, получение квантовых точек графена, квантовые точки и квантовые кольца, созданные путем 3D деформации, фотодетектор на основе графена и квантовых точек, запрещенная зона в наноструктурированном графене, способы определения ширины запрещенной зоны, влияние краев наноэлементов на их энергетический спектр, структурирование графена с помощью блок-сополимеров, и штамповой литография	2	0	0	ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Гибридный подход к созданию наноматериалов					
12. функционализация поверхности структур органическими монослоями, пассивация поверхности, методы исследования гибких и гибридных материалов, различные аспекты применения органических монослоев, гибридные подложки для графена, гибкая электроника, гибкая электроника на основе кремния, гибкая органическая флеш-память, гибкий транзистор на графене и его параметры, гибридные структуры на основе мультиграфена	1	0	0	ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Стрейнтроника					

13. Стрейнтроника 2D материалов. Механические свойства двумерных материалов. Сравнение возможности растяжения и изгиба монослоев и зависимость свойств материалов от толщины в случае использования неслольких монослоев. Теоретические и экспериментальные данные об изменении проводимости и подвижности под действием деформаций. Возможности изменения запрещенной зоны 2D материалов и их приложения.	1	0	0	ПК-11/НА.1, ПК-14/НА.2	Лекция

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Основные свойства графена					
1. Кристалографическое строение графена, зонные структуры графена, мультиграфена и графита, термодинамическая стабильность графена, парадокс Клейна, квантовый эффект Холла, комбинационное рассеяние света в графене, проводимость и подвижность графена и методы их определения, теплопроводность, оптические свойства графена, поглощение света в графене, механические свойства	1	1	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Семинар
Дидактическая единица: Методы получения графена					

2. механическое отслоение графена от графита, электростатическое отслоение графена, химические методы получения графена, CVD осаждение графена на металлические подложки, выбор и подготовка подложки для роста, современные подходы к выращиванию графена на меди и последние достижения, рост монокристаллов графена, рост на расплавленных подложках, эпитаксия на SiC, взаимодействие выращенных слоев с подложкой SiC, методы и подходы при диагностики свойств выращенных слоев	1	1	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Семинар
Дидактическая единица: Методы переноса графена на произвольную подложку					
3. прямой перенос графена, перенос с использованием промежуточной полимерной пленки, виды полимерных пленок, методы определения параметров, сравнение параметров получаемых слоев и критерии качества переноса, перенос с использованием установки штамповой литографии, создание изолирующего слоя под графеном без его переноса, перенос графена большой площади на полимерные пленки, свойства графена на полимерной подложке, проблема образования складок при переносе графена	2	1	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Семинар
Дидактическая единица: Другие монослойные материалы и гетероструктуры на основе графена					

4. Методы получения и методы исследования монослойных материалов, гексагональный нитрид бора hBN и его свойства, проблема подложек для графена, гетероструктуры графен / hBN, получение слоев hBN, квантовые точки графена в матрице hBN, взаимодействие графена с hBN, дихалькогениды переходных металлов, получение и свойства слоев MoS2 транзисторы и элементы логики с использованием слоя MoS2 , гетероструктуры графен - MoS2 - hBN, элементы памяти, гетероструктуры для фотовольтаики со слоями WS2, наноленты из силицина, 2Dматериалы для Ван дер Ваальсовских гетероструктур.	2	1	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Семинар
Дидактическая единица: Функционализация графена					
5. виды функционализации, ковалентная функционализация, производные графена с широкой запрещенной зоной: окись графена, методы исследования функционализированных слоев, гидрированный графен, графан, графон, фторографен, графеновая бумага и ее свойства, направления работ по ковалентной функционализации графена, нековалентная функционализация графена, открытие запрещенной зоны графена, функционализация подложки, легирование графена, нанокомпозитные материалы и их применение.	2	1	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Семинар
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Трехмерные наноструктуры и технологии их создания					

6. полупроводниковые нитевидные нанокристаллы, вискеры, механизм роста "пар-жидкость-кристалл", свойства, структура и применение нитевидных нанокристаллов, углеродные нанотрубки, капиллярное формование 3D наноструктур из углеродных трубок, формирование 3D наноструктур из напряженных мультислоев, расширение функциональных возможностей 3D наноструктур, графен на напряженных подложках, графен и углеродные трубки для полевых эмиттеров, электростатические наноразмерные машины, 3D-нанообъекты, изготовленные литографией с использованием самоорганизующихся органических наночастиц, или посредством "печати".	2	1	1	ПК-11/НА.1, ПК-12/НА.2	Семинар
Дидактическая единица: Применение графена					
7. Области применения графена, сенсоры газов на основе графена и мультиграфена, биосенсоры, светоизлучающие диоды, прозрачные электроды, сенсорный экран из графена, графен для гибкой оптоэлектроники, фотодетектор на графене, оптический модулятор с электродами из графена.	2	1	1	ПК-11/НА.1, ПК-14/НА.2	Семинар
Дидактическая единица: Элементы памяти с использованием наноматериалов					

8. элементы энергонезависимой флэш-памяти на объемных материалах, требования и существующие проблемы, элементы памяти на полупроводниковых нанокристаллах, элементы памяти с металлическими нанокристаллами, флеш-пфмять на графене, резистивная память, память на основе мультиграфена, резистивная память на основе оксида графена и физические основы переключений сопротивления, сравнение параметров флэш- и резистивной памяти.	2	1	1	ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.2	Семинар
Дидактическая единица: Транзисторы на основе графена и других монослойных материалов					
9. примеры реализации транзисторов на графене, транзистор на биграфене, транзисторы на гидрированном графене, транзисторы с подвешенным графеном, транзистор на вертикальных гетероструктурахс использованием слоев h-BN, MoS2, WS2 и их характеристики, транзистор на гетероструктуре графен на кремнии.	2	1	1	ПК-12/НА.3, ПК-14/НА.2	Семинар

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Кристалографическое строение графена, зонные структуры графена, мультиграфена и графита, термодинамическая стабильность графена, парадокс Клейна, квантовый эффект Холла, комбинационное рассеяние света в графене, проводимость и подвижность графена и методы их определения, теплопроводность, оптические свойства графена, поглощение света в графене, механические свойства	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач

2	механическое отслоение графена от графита, электростатическое отслоение графена, химические методы получения графена, CVD осаждение графена на металлические подложки, выбор и подготовка подложки для роста, современные подходы к выращиванию графена на меди и последние достижения, рост монокристаллов графена, рост на расплавленных подложках, эпитаксия на SiC, взаимодействие выращенных слоев с подложкой SiC, методы и подходы при диагностики свойств выращенных слоев	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
3	прямой перенос графена, перенос с использованием промежуточной полимерной пленки, виды полимерных пленок, методы определения параметров, сравнение параметров получаемых слоев и критерии качества переноса, перенос с использованием установки штамповой литографии, создание изолирующего слоя под графеном без его переноса, перенос графена большой площади на полимерные пленки, свойства графена на полимерной подложке, проблема образования складок при переносе графена	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
4	Методы получения и методы исследования монослойных материалов, гексагональный нитрид бора hBN и его свойства, проблема подложек для графена, гетероструктуры графен / hBN, получение слоев hBN, квантовые точки графена в матрице hBN, взаимодействие графена с hBN, дихалькогениды переходных металлов, получение и свойства слоев MoS2 транзисторы и элементы логики с использованием слоя MoS2 , гетероструктуры графен - MoS2 - hBN, элементы памяти, гетероструктуры для фотовольтаики со слоями WS2, наноленты из силицина, 2Dматериалы для Ван дер Ваальсовских гетероструктур.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
5	виды функционализации, ковалентная функционализация, производные графена с широкой запрещенной зоной: окись графена, методы исследования функционализированных слоев, гидрированный графен, графан, графон, фторографен, графеновая бумага и ее свойства, направления работ по ковалентной функционализации графена, нековалентная функционализация графена, открытие запрещенной зоны графена, функционализация подложки, легирование графена, нанокомпозитные материалы и их применение.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач

6	полупроводниковые нитевидные нанокристаллы, вискеры, механизм роста "пар-жидкость-кристалл", свойства, структура и применение нитевидных нанокристаллов, углеродные нанотрубки, капиллярное формование 3D наноструктур из углеродных трубок, формирование 3D наноструктур из напряженных мультислоев, расширение функциональных возможностей 3D наноструктур, графен на напряженных подложках, графен и углеродные трубки для полевых эмиттеров, электростатические наноразмерные машины, 3D-нанообъекты, изготовленные литографией с использованием самоорганизующихся органических наночастиц, или посредством "печати".	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
7	Области применения графена, сенсоры газов на основе графена и мультиграфена, биосенсоры, светоизлучающие диоды, прозрачные электроды, сенсорный экран из графена, графен для гибкой оптоэлектроники, фотодетектор на графене, оптический модулятор с электродами из графена.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
8	элементы энергонезависимой флэш-памяти на объемных материалах, требования и существующие проблемы, элементы памяти на полупроводниковых нанокристаллах, элементы памяти с металлическими нанокристаллами, флеш-пфмять на графене, резистивная память, память на основе мультиграфена, резистивная память на основе оксида графена и физические основы переключений сопротивления, сравнение параметров флэш- и резистивной памяти.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
9	примеры реализации транзисторов на графене, транзистор на биграфене, транзисторы на гидрированном графене, транзисторы с подвешенным графеном, транзистор на вертикальных гетероструктурахс использованием слоев h-BN, MoS2, WS2 и их характеристики, транзистор на гетероструктуре графен на кремнии.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Подготовка к занятиям	ПК-11/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-12/НА.3,ПК-14/НА.2	8	0
: Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285				

2	Подготовка к аттестации	ПК-11/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-12/НА.3,ПК-14/НА.2	8	2
: Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285				
Семестр: 3				
1	РГЗ/Реферат	ПК-11/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-12/НА.3,ПК-14/НА.2	6	1
: Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285				
2	Подготовка к занятиям	ПК-11/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-12/НА.3,ПК-14/НА.2	6	0
: Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285				
3	Подготовка к аттестации	ПК-11/НА.1,ПК-12/НА.2,ПК-12/НА.3,ПК-14/НА.2	4	1
: Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285				

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	e-mail

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:	20	40
Практические занятия:	20	40
Зачет:	10	20

Семестр: 3		
Лекция:	8	16
Практические занятия:	20	40
РГЗ/Реферат:	12	24
Зачет:	0	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 РГЗ/Р	**Зачет**
ПК-11/НА	ПК-11/НА 1. Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач	+	+
ПК-12/НА	ПК-12/НА 2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования	+	+
	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. Антонова И. В. Специальные главы микро- и наносистем в технике и технологии. В 2 ч. Ч. 1. Сенсоры, транзисторы и гетероструктуры на основе 2D-материалов для электронных приложений : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024.- 62, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=229232

2. Антонова И. В. Специальные главы микро- и наносистем в технике и технологии. В 2 ч. Ч. 2. Гибкая и печатная электроника на основе 2D-материалов, стрейнтроника : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024.- 108, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=229250

Дополнительная литература

1. Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285

Интернет-ресурсы

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

2. Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН : сайт. –2006– . – URL: https://www.isp.nsc.ru/ (дата обращения: 22.03.2022). – Текст : электронный.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Антонова И. В. Графен и другие двумерные материалы. Свойства и методы получения : учебное пособие / И. В. Антонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т .- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 88, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226285

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Создание отчётов для лабораторных работ. Microsoft 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

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	Используется в учебном процессе