




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

Институт наукоемких технологий и передовых материалов (Школа)

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


(подпись)

Саранин А.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента
Общей и экспериментальной физики


(подпись)

Короченцев А.А.
(Ф.И.О.)

« 15 » декабря 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Научно-исследовательское проектирование

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

магистерская программа

«Электроника и нанoeлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»

Форма подготовки очная

курс 1,2 семестр 1,2,3

лекции не предусмотрены

практические занятия не предусмотрены

лабораторные работы 86 час.

в том числе с использованием MAO лек. /пр. /лаб. час.

в том числе в электронной форме лек. /пр. /лаб. час.

всего часов аудиторной нагрузки час.

в том числе с использованием MAO час.

в том числе контролируемая самостоятельная работа час.

в том числе в электронной форме час.

самостоятельная работа 238 час.

в том числе на подготовку к экзамену час.

курсовой проект – не предусмотрено учебным планом

зачет с оценкой 1,2,3 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 3 от «29» ноября 2021 г.

Директор департамента общей и экспериментальной физики ИНТиПМ: Короченцев В.В.

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Полянский Д.А.

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента: _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация дисциплины «Научно-исследовательское проектирование»

Учебная дисциплина «Научно-исследовательское проектирование» предназначена для магистрантов 1 и 2 курса магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, магистерской программы «Электроника и наноэлектроника».

Дисциплина «Научно-исследовательское проектирование» входит в обязательную часть блока дисциплин образовательной программы (Б1.О.02.04), реализуется на 1-2 курсе, в 1-2-3 семестрах, завершается зачетом с оценкой. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 9 З.Е. (324 часа). Учебным планом предусмотрены лабораторные занятия (86 час.), самостоятельная работа студента (238 час.).

Язык реализации – русский.

Цель изучения дисциплины: закрепление магистрантами теоретической подготовки, приобретение практических навыков и умений, формирование компетенций в процессе выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Задачи дисциплины:

- приобретение опыта профессиональной деятельности;
- приобретение опыта профессиональных умений;
- разработка и изготовление предложенной в задании наноструктуры (гетероструктуры);
- проведение анализа качества изготовленной наноструктуры (гетероструктуры);
- исследование свойств сформированной наноструктуры (гетероструктуры);
- закрепление и расширение теоретических и практических навыков применительно к профилю будущей работы.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие универсальные компетенции:

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Разработка и реализация проектов	УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 определяет проблему, на решение которой направлен проект, грамотно формулирует цель проекта. Планирует этапы работы над проектом с учетом УК-2.2 разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом

		имеющихся ресурсов и ограничений УК-2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение)
Командная работа и лидерство	УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1 формирует стратегию командной работы на основе совместного обсуждения целей и направлений деятельности для их реализации УК-3.2 организует работу команды с учетом объективных условий (технология, внешние факторы, ограничения), индивидуальных особенностей поведения и возможностей членов команды УК-3.3 обеспечивает выполнение поставленных задач на основе мониторинга командной работы и своевременного реагирования на существенные отклонения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
УК-2.1 определяет проблему, на решение которой направлен проект, грамотно формулирует цель проекта. Планирует этапы работы над проектом с учетом последовательности их реализации, определяет этапы жизненного цикла проекта	<u>Знает</u> методы управления проектами
	<u>Умеет</u> планировать этапы работы над проектом с учетом последовательности их реализации, формулировать проблему и цель проекта
	<u>Владеет</u> навыками определения этапов жизненного цикла проекта для эффективного управления
УК-2.2 разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений	<u>Знает</u> требования к разработке программы действий по решению задач проекта и действующих правовых норм
	<u>Умеет</u> планировать реализацию задач в зоне своей ответственности с учетом имеющихся ресурсов и ограничений
	<u>Владеет</u> навыками планирования и реализации задач в зоне своей ответственности на всех этапах жизненного цикла проекта
УК-2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение)	<u>Знает</u> основные требования и нормы для успешного выполнения проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами
	<u>Умеет</u> разрабатывать проекты в избранной профессиональной сфере
	<u>Владеет</u> навыками практического применения результатов проекта, представления возможности их использования и/или совершенствования
УК-3.1 формирует стратегию командной работы на основе совместного обсуждения целей и направлений деятельности для их реализации	<u>Знает</u> типологию, факторы и методики формирования команд, способы социального взаимодействия
	<u>Умеет</u> разрабатывать стратегию командной работы на основе совместного обсуждения целей в рамках своей роли
	<u>Владеет</u> навыками выработки командной стратегии для достижения поставленной цели
УК-3.2 организует работу команды с учетом объективных условий (технология, внешние факторы, ограничения), индивидуальных особенностей поведения и возможностей членов команды	<u>Знает</u> структуру процесса обмена информацией, знаниями и опытом с членами команды для организации работы с учетом объективных условий
	<u>Умеет</u> организовывать работу коллектива, управлять им, учитывая возможности членов команды, а так же параметры, технологии и другие внешние факторы, и ограничения
	<u>Владеет</u> основными приемами организации работы команды для достижения командной стратегии
УК-3.3 обеспечивает выполнение поставленных задач на основе мониторинга командной работы и	<u>Знает</u> требования к нормам и установленным правилам командной работы, методы мониторинга командной работы
	<u>Умеет</u> оценивать действия коллектива, своевременно реагировать

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
своевременного реагирования на существенные отклонения	на существенные отклонения от поставленных задач на основе всестороннего мониторинга
	<u>Владеет</u> навыками распределения ролей в условиях командного взаимодействия, мониторинга командной работы

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Компьютерная грамотность	ОПК-4 Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач	ОПК-4.1 демонстрирует знание расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств ОПК-4.2 выбирает прикладные программные пакеты для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности ОПК-4.3 использует современные программные средства моделирования, проектирования и конструирования для решения профессиональных задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-4.1 демонстрирует знание расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств	<u>Знает</u> методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы исходя из имеющихся ресурсов и ограничений
	<u>Умеет</u> использовать системы автоматизированного проектирования и компьютерных средств
	<u>Владеет</u> навыками проектирования и применения специализированного программно-математического обеспечения для решения профессиональных задач
ОПК-4.2 выбирает прикладные программные пакеты для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности	<u>Знает</u> современные программные пакеты для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности
	<u>Умеет</u> выбирать подходящий программный продукт, понимая его достоинства и недостатки
	<u>Владеет</u> навыками использования современных программных комплексов, разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения инженерных задач
ОПК-4.3 использует современные программные средства моделирования, проектирования и конструирования для решения профессиональных задач	<u>Знает</u> современные программные средства для осуществления моделирования, проектирования и конструирования
	<u>Умеет</u> применять современные программные пакеты для выполнения конструкторских и проектировочных задач
	<u>Владеет</u> современными программными средствами для проведения исследований и решения инженерных задач, навыками разработки или модернизации собственных пакетов

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекционные занятия не предусмотрены

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (86 час.).

Раздел 1. Формирование структур от низкоразмерных до объёмных

1. **Лабораторная работа № 1.** Нульмерная структура (магические кластеры) на поверхности полупроводника: формирование, свойства (10 час).

2. **Лабораторная работа № 2** Одномерная структура (нанопроволоки) на поверхности полупроводника: формирование, свойства. (10 час).

3. **Лабораторная работа № 3** Двумерная структура (поверхностная реконструкция) на поверхности полупроводника: формирование, свойства. (11 час).

Раздел 2. Формирование тонких структур на подложках разного типа

4. **Лабораторная работа № 4.** Тонкая плёнка на поверхности полупроводника: формирование, свойства. (11 час).

5. **Лабораторная работа № 5.** Многослойная структура со встроенными нанокристаллами на поверхности полупроводника (нанокристаллы либо локализованы на поверхности слоёв, либо распределены в объёме структуры): формирование, свойства. (11 час).

6. **Лабораторная работа № 6.** Многослойная гетероструктура: формирование, свойства. (11 час).

7. **Лабораторная работа № 7.** (11 час). Плёнка на поверхности диэлектрика: формирование, свойства.

8. **Лабораторная работа № 8.** Плёнка на поверхности металла: формирование, свойства. (11 час).

Расширенное описание некоторых лабораторных работ:

1. **Лабораторная работа № 6.** Многослойная гетероструктура: формирование, свойства. (11 час).

Гетероструктура №1: двухслойная гетероструктура со встроенными нанокристаллами GaSb на поверхности Si подложки. Нанокристаллы GaSb должны быть локализованы на поверхности слоёв. Формирование гетероструктуры проводить в ростовой установке в условиях вакуума, при давлении остаточных газов не выше 10^{-9} Тор. В качестве подложки использовать монокристаллический Si р-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.1 Ом·см. Буферный слой

формировать из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см на очищенной подложке. Толщина буферного слоя должна быть 50 нм. Поверхностная концентрация нанокристаллов GaSb в каждом слое должна быть в диапазоне $2 \cdot 10^{10} - 7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$. Первый слой нанокристаллов GaSb формировать сверху буферного слоя. Далее нужно сформировать слой прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 50 нм. Второй слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя прослойки. Покрывающий слой нужно сформировать сверху второго слоя нанокристаллов GaSb. Он должен быть изготовлен из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см и толщина его - 50 нм. Поверх этого слоя создайте контактный слой из монокристаллического Si n-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.001 Ом·см толщиной 300 нм. Выращенную гетероструктуру извлеките из ростовой установки.

Лабораторная работа № 5. Многослойная структура со встроенными нанокристаллами на поверхности полупроводника (нанокристаллы либо локализованы на поверхности слоёв, либо распределены в объёме структуры): формирование, свойства. (11 час).

Гетероструктура №2: трёхслойная гетероструктура со встроенными нанокристаллами GaSb на поверхности Si подложки. Нанокристаллы GaSb должны быть локализованы на поверхности слоёв. Формирование гетероструктуры проводить в ростовой установке в условиях вакуума, при давлении остаточных газов не выше 10^{-9} Тор. В качестве подложки использовать монокристаллический Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.1 Ом·см. Буферный слой формировать из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см на очищенной подложке. Толщина буферного слоя должна быть 50 нм. Поверхностная концентрация нанокристаллов GaSb в каждом слое должна быть в диапазоне $2 \cdot 10^{10} - 7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$. Первый слой нанокристаллов GaSb формировать сверху буферного слоя. Далее нужно сформировать слой первой прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 30 нм. Второй слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя первой прослойки. Следом за ним нужно сформировать слой второй прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 30 нм. Третий слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя второй прослойки. Покрывающий слой нужно сформировать сверху третьего слоя нанокристаллов GaSb. Он должен

быть изготовлен из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см и толщина его - 30 нм. Поверх этого слоя создайте контактный слой из монокристаллического Si n-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.001 Ом·см толщиной 250 нм. Выращенную гетероструктуру извлеките из ростовой установки.

Исследуйте поверхность выращенных гетероструктур на атомно-силовом микроскопе. Оцените влияние количества слоёв нанокристаллов GaSb в гетероструктуре на шероховатость поверхности. Исследуйте фотоотклик выращенных гетероструктур в диапазоне энергии фотонов 0.5-1.5 эВ на измерительном стенде. Оцените влияние количества слоёв нанокристаллов GaSb в гетероструктуре на величину фотоотклика.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электронные измерения в нанотехнологиях и наноэлектронике» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

3. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	1. Лабораторная работа № 1. Нульмерная структура (магические кластеры) на поверхности полупроводника: формирование, свойства (10 час).	УК-2.1;	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	Собеседование (УО-1)
		УК-2.2; УК-2.3; УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3;	умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 1 Собеседование (УО-1)
		ОПК-4.1; ОПК-	владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 1 Собеседование

		4.2; ОПК- 4.3			(УО-1)
2	Лабораторная работа № 2 Одномерная структура (нанопроволоки) на поверхности полупроводника: формирование, свойства. (10 час).	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3;	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	Собеседование (УО-1)
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 2 Собеседование (УО-1)
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 2 Собеседование (УО-1)
3	Лабораторная работа № 3 Двумерная структура (поверхностная реконструкция) на поверхности полупроводника: формирование, свойства. (11 час).	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3; ОПК- 4.1; ОПК- 4.2;	знает	Практическое занятие	Собеседование (УО-1)
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 3 Собеседование (УО-1)
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 3 Собеседование (УО-1)
4	Лабораторная работа № 4. Тонкая плёнка на поверхности полупроводника: формирование, свойства. (11 час)	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3; ОПК- 4.1; ОПК- 4.2; ОПК- 4.3	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	Собеседование (УО-1)
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 4 Собеседование (УО-1)
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 4 Собеседование (УО-1)
5	Лабораторная работа № 5. Многослойная структура со встроенными нанокристаллами на поверхности полупроводника (нанокристаллы либо локализованы на поверхности слоёв, либо распределены в объёме структуры): формирование, свойства. (11 час).	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3; ОПК- 4.1; ОПК- 4.2; ОПК- 4.3	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	Собеседование (УО-1)
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 5 Собеседование (УО-1)
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 5 Собеседование (УО-1)
6	Лабораторная работа № 6. Многослойная гетероструктура:	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3;	знает	Практическое занятие	вопросы 16-19 Собеседование (УО-1)

	формирование, свойства. (11 час).	УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3	умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 6 Собеседование (УО-1)
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 6 Собеседование (УО-1)
7	Лабораторная работа № 7. (11 час). Плёнка на поверхности диэлектрика: формирование, свойства.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	Собеседование (УО-1)
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 7 Собеседование (УО-1)
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 7 Собеседование (УО-1)
8	Лабораторная работа № 8. Плёнка на поверхности металла: формирование, свойства. (11 час).	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; УК-3.1; УК-3.2; УК-3.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3	знает	Лабораторная работа (ПР-6)	Собеседование (УО-1)
			умеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 8 Собеседование (УО-1)
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	задание, тип 8 Собеседование (УО-1)

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

4. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Сергеев Н.А. Физика наносистем [Электронный ресурс]: монография/ Сергеев Н.А., Рябушкин Д.С.— Электрон. текстовые данные. — М.: Логос, 2016.— 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66410.html>

2. Величко А.А. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Часть II [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Величко А.А., Филимонова Н.И. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 227 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45105.html>

3. Филимонова Н.И. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Филимонова Н.И., Кольцов Б.Б.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45104.html>

4. Витязь П.А. Наноматериаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидунович Н.А., Куис Д.В. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. — 512 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35501.html>

5. Природа невозпроизводимости структуры и свойств материалов для микро- и нанозлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.В. Бодягин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 70 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79783.html>

Дополнительная литература

1. Шабатина Т.И. Нанохимия и наноматериалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шабатина Т.И., Голубев А.М. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30893.html>

2. Орлова М.Н. Нанозлектроника [Электронный ресурс]: курс лекций/ Орлова М.Н., Борzych И.В.— Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. — 50 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56246.html>

3. Беркин А.Б. Физические основы вакуумной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Беркин А.Б., Василевский А.И.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 84 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45189.html>

4. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс]/ Головин Ю.И.— Электрон. текстовые данные. — М.: Машиностроение, 2012.— 656 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532.html>

5. Вознесенский Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы

микроскопии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Вознесенский Э.Ф., Шарифуллин Ф.С., Абдуллин И.Ш. — Электрон. текстовые данные. —Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 184 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61986.html>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Официальный сайт отдела физики поверхности ИАПУ ДВО РАН. <http://ntc.dvo.ru/lecture/>
2. База статей по физике поверхности и наноструктурам <http://silicon.dvo.ru/library/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY проект РФФИ www.elibrary.ru
4. Атлас спектров оже-электронной спектроскопии разных химических элементов <http://silicon.dvo.ru/aes/album.php>
5. База изображений дифракции медленных электронов для периодических структур <http://silicon.dvo.ru/leed/leed.php>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине а также для проведения простых расчетов и построения графиков может использоваться стандартное программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows, Microsoft Office).

I. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе обучения студент должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы обычно составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которыми каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины

или на кафедре.

Главное в период обучения своей специальности – это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на следующий день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием как успешной учебы, так и последующей работы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Организация деятельности студента.

Лекция. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий производится с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Необходимо обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Только если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.

Материал лекций необходимо закреплять самостоятельно. В первую очередь, на следующий день необходимо еще раз проработать материал лекции. Практика показывает, что если не сделать этого в течение двух-трех дней, то большая часть материала забудется. В дальнейшем процесс забывания идет по экспоненте. При изучении материала обязательно использование учебников и других материалов по дисциплине. Необходимо найти

контрольные вопросы по соответствующей теме, ответить на них. В случае если по теме есть задачи, то их необходимо решить и сверить с правильными вариантами ответов (при наличии). В случае затруднений необходимо проконсультироваться у преподавателя.

Во всех различных ситуациях, приводящих к ошибочным действиям, некорректным выводам и/или ответам необходимо проанализировать причины, приведшие к ошибкам. Работа над ошибками является одним из условий процесса совершенствования знаний и навыков, а следовательно, успешной учебы и работы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по практике, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L441	Специализированная лаборатория Департамента общей и экспериментальной физики: лаборатория пленочных технологий; лаборатория мезоскопии и фрактальной физики; лаборатория электронной микроскопии. Лабораторные столы и стулья Количество посадочных рабочих мест для студентов – 12	Microsoft Office365/Microsoft/США/Платное ПО Microsoft Teams/Microsoft/США/Платное ПО

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно - навигационной поддержки.

. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-6 недели	Подготовка к лабораторной работе №1	9 час.	Защита отчета по работе
2	7-10 недели	Подготовка к лабораторной работе №2	9 час.	Защита отчета по работе
3	11-14 недели	Подготовка к лабораторной работе №3	9 час.	Защита отчета по работе
4	15-18 недели	Подготовка к лабораторной работе №4	9 час.	Защита отчета по работе
Итого			36 час.	

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку практическим занятиям. Их полное содержание приведено в программе и методических указаниях. Методические указания к практическим занятиям в электронном виде и печатном виде берутся у ведущего преподавателя.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы отражаются в отчетных материалах, где приводятся результаты лабораторных работ. Сводные материалы по лабораторным работам предоставляются преподавателю в электронном виде (где необходимо компьютерное моделирование и построение графиков с помощью вычислительных средств) или письменном виде (если занятие проводится без использования компьютеров).

К представлению материалов по результатам лабораторных работ предъявляются следующие требования.

Структура отчета по лабораторной работе

Если для данной работы необходимо предоставить материалы в электронной форме, то они подготавливаются как текстовые документы в редакторе MS Word.

Отчет должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе построенные диаграммы, таблицы, расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями, например, в виде экранных форм («скриншотов») и т.д.

Структурно отчет по лабораторной работе состоит из следующих частей:

- Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, начинается с новой страницы, содержат указание варианта, тему, план работы и т.д.);
- Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т.д.
- Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

Отчет оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов:

- набор текста (если необходим отчет в электронной форме);
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);

- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);

Если набор текста осуществляется на компьютере, то необходимо придерживаться следующих требований:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта – 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы – левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами;
- режим автоматического переноса слов, за исключением заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т.п., должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т.п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценивание результатов лабораторных работ проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств (если необходимо);
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы или задачи;
- отсутствие значительных ошибок в приводимых количественных результатах.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	критерии	показатели	баллы
---------------------------------------	---------------------------------------	-----------------	-------------------	--------------

ОПК-4.1 демонстрирует знание расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	<u>Знает</u> методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы исходя из имеющихся ресурсов и ограничений	Может пересказать и объяснить учебный лекционный материал с достаточной степенью научной точности и полноты, с приведением примеров	Знает определение измерительной задачи, основные положения теории измерений, классификацию средств измерений; Знаком с основными разделами физики и техники, для рассмотрения которых применяются электрорадиоизмерения; Знает, как определить возможные перспективные направления электроники и наноэлектроники, в которых используется или может использоваться теория и практика электрорадиоизмерений; Знает, как можно решить наиболее типовые научные и инновационные задачи, затрагивающие электрорадиоизмерения в нанотехнологиях.	60-74
	<u>Умеет</u> использовать системы автоматизирован ного проектирования и компьютерных средств	Умеет использовать, где это представляется возможным, основы метрологии и измерительной техники в части электрорадиоизмерен ий для решения возникающих практических научно- технических и инновационных задач	Умеет пользоваться основами теории измерений, определять области использования средств измерений, исходя из их технических и метрологических характеристик; Умеет проводить электрорадиоизмерения для решения задач физики и техники; Умеет на практике определить возможные перспективные направления электроники и наноэлектроники, в которых используется или может использоваться теория и практика электрорадиоизмерений для микро- и наноэлектроники; Умеет решать типовые научные и инновационные задачи в областях физики, если они связаны с привлечением электрорадиоизмерений в нанотехнологиях.	75-89
	<u>Владеет</u> навыками проектирования и применения специализирован ного программно- математического обеспечения для решения профессиональ ных задач	Владеет навыками решения простых научно- инновационных задач, требующих применения электрорадиоизмерен ий и начальных навыков схемотехники.	Владеет основами теории измерений; Владеет навыками определения пригодности средства измерения для решения конкретной измерительной задачи, исходя из вида, точности, пределов, производительности, массогабаритных показателей и стоимости средства измерения; Владеет навыками применения основных положений теории измерений и практики электрорадиоизмерений для	90-100

			<p>решения различных задач физики и техники;</p> <p>Владеет навыками определения перспективных разделов физики и техники, в которых может использоваться теория и практика электрорадиоизмерений в микро- и нанoeлектронике;</p> <p>Владеет навыками решения типовых научных и инновационных задач в областях физики, связанных с применением электронных измерений в нанотехнологиях.</p>	
ОПК-4.2 выбирает прикладные программные пакеты для решения соответствующ их задач научной и образовательн ой деятельности	<p><u>Знает</u> современные программные пакеты для решения соответствующ их задач научной и образовательной деятельности</p>	<p>Может пересказать и объяснить учебный лекционный материал с достаточной степенью научной точности и полноты, с приведением примеров</p>	<p>Знает, как планировать экспериментальные исследования в стандартных ситуациях;</p> <p>Знает базовые методики проведения экспериментальных исследований в соответствующей предметной области;</p> <p>Знает типовые последовательности проведения экспериментальных исследований, требующих привлечения теории и практики электрорадиоизмерений применительно к областям микро- и нанoeлектроники;</p> <p>Знает способы планирования и оптимизации для успешной организации экспериментальных исследований.</p>	60-74
	<p><u>Умеет</u> выбирать подходящий программный продукт, понимая его достоинства и недостатки</p>	<p>Умеет планировать, также частично организовывать простые экспериментальные исследования, относящиеся к предметным областям или требующие привлечения теории измерений и измерительной техники в части электрорадиоизмерен ий</p>	<p>Умеет планировать и проводить экспериментальные исследования в стандартных ситуациях;</p> <p>Умеет пользоваться различными методиками проведения экспериментальных исследований в соответствующей предметной области;</p> <p>Умеет на практике использовать типовые последовательности проведения экспериментальных исследований, которые требуют привлечения теории и практики электрорадиоизмерений;</p> <p>Умеет выбирать и использовать способы планирования и оптимизации для успешной организации экспериментальных исследований.</p>	75-89
	<p><u>Владеет</u> навыками использования современных программных комплексов,</p>	<p>Владеет навыками организации, планирования и проведения научных исследований в области физики, а,</p>	<p>Владеет навыками планирования и проведения экспериментальных исследований в стандартных ситуациях в соответствующей предметной области;</p> <p>Уверенно владеет навыками</p>	90-100

	разработки и применения специализированного программно-математического обеспечения для проведения исследований и решения инженерных задач	затрагивающие предметные области или требующие привлечения теории измерений и измерительной техники в части электрорадиоизмерений	использования методик проведения экспериментальных исследований в соответствующей предметной области физики; Владеет навыками использования одной из типовых последовательностей проведения экспериментальных исследований, которые требуют привлечения теории и практики электрорадиоизмерений в области нанотехнологий и нанoeлектроники; Владеет выбора и использования инструментов планирования и оптимизации для успешной организации экспериментальных исследований.	
--	---	---	---	--

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Электронные измерения в нанотехнологиях и нанoeлектронике» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Электронные измерения в нанотехнологиях и нанoeлектронике» проводится в форме лабораторных работ и практических занятий, по результатам которых производится оценка результатов обучения студентов. Оценка осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценивание результатов освоения дисциплины на этапе текущей аттестации проводится в соответствии с используемыми оценочными средствами и критериями.

Критерии оценки кратких отчетов по результатам практических занятий

Оценивание результатов работы на практическом занятии проводится при представлении краткого отчета в электронном или письменном виде по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет преподавателю краткий отчет, удовлетворяющий требованиям по поставленным заданиям, демонстрирует владение методами и приемами теоретических и/или практических аспектов работы.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не владеет методами и приемами теоретических и/или практических аспектов, рассматриваемых на занятии, допускает существенные ошибки в работе, представляет неполный отчет по выполнению заданий.

Промежуточная аттестация студентов

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачёта с оценкой Допуск к зачету возможен только после защиты отчетов по всем лабораторным работам курса.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает,

		умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Собеседование (УО-1)

Вопросы к зачёту

1. Способ очистки подложки в ростовой установке.
2. Методы контроля качества очистки подложки в ростовой установке.
3. Методы определения скорости осаждения вещества в ростовой установке.
4. Методы определения температуры образца в ростовой установке.
5. Определение элементного состава поверхности исследуемого образца по спектру оже-электронной спектроскопии.
6. Определение энергии объёмного и поверхностного плазмонов по спектру характеристических потерь энергии электронов.
7. Определение периодов поверхности (или постоянных решётки) для

сформированной низкоразмерной структуры по изображению дифракции медленных электронов.

8. Определение размеров нанообъектов, их концентрации и доли площади ими занятой, а также шероховатости поверхности из изображения рельефа поверхности.

9. Особенности получение изображения сканирующей туннельной микроскопии от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

10. Определение суммарной площади островков на изображении сканирующей туннельной микроскопии от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

11. Особенности получения спектра фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

12. Определение расщепления уровней в валентной зоне на спектре фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

13. Построение контура Ферми уровня для поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры) с помощью фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением.

14. Определение энергии фононов из спектра комбинационного рассеяния от сформированного образца.

15. Определение коэрцитивной силы из петли намагниченности полученной для сформированного образца.

16. Определение подвижности и концентрации основных носителей заряда для сформированного образца.

17. Определение коэффициента выпрямления и коэффициента неидеальности из вольтамперной характеристики, полученной для сформированного образца.

18. Определение вклада нанокристаллов (плёнки) на спектре фотоотклика полученном для сформированного образца.

19. Определение вклада нанокристаллов (плёнки) на спектре фотолюминесценции полученном для сформированного образца.