




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

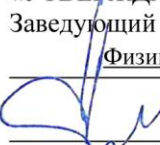
ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


(подпись) Чеботкевич Л.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

« 15 » сентября 2017 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
Физики низкоразмерных структур
(название кафедры)

(подпись) Саранин А.А.
(Ф.И.О. зав.каф.)

« 15 » сентября 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальный физический практикум

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

магистерская программа "Нанотехнологии в электронике"

Форма подготовки очная

курс 1, 2 семестр 2, 3

лекции не предусмотрены.

практические занятия не предусмотрены

лабораторные работы 72

в том числе с использованием МАО лек. /пр. /лаб. 72 час.

всего часов аудиторной нагрузки 144

в том числе с использованием МАО 72 час

самостоятельная работа 72 час.

в том числе на подготовку к зачету 36 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 2 семестр 2, 3

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 13.06.2017 № 12-13-1206.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от « 15 » сентября 2017 г.

Заведующий (ая) кафедрой Саранин А.А.

Составитель (ли): Коробцов В.В.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

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

Заведующий кафедрой _____ Саранин А.А. _
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

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

Заведующий кафедрой _____ Саранин А.А. _
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Master's degree in 11.04.04 "Special physical workshop"

Study Master's Program "Nanotechnology in Electronics"

Course title: Special physical workshop

Variable part of Block, _3_credits

Instructor: Korobtsov V.V., Dr. Phys.-math, School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University.

At the beginning of the course a student should be able to:

OC-7, the ability to use modern trend in electronics, measurement and scientific methods, information technology, computers and networks.

Learning outcomes:

OC-2, ability to use the results of mastering the disciplines of the master's program

OC-3, ability to demonstrate skills of work in a team, generate new ideas (creativity)

OC-4, ability to independently acquire and use in practical activities new knowledge and skills in their subject area

PC-2, the ability to develop effective algorithms for solving formulated problems using modern programming languages and to ensure their software implementation

PC-17, preparedness to carry out author's support of the developed devices, devices and systems of electronic equipment at the design and production stages

Course description:

The contents of discipline covers the special methods of technology growth of the thin solid films, nanoparticles and nanomaterials. It's include the physical principles of growth methods, research devices, process and lab equipments.

Main course literature:

1. A.A. Ionin, S.I. Kudryashov, A.A.Samokhin. Ablation of the surface of materials under the action of ultrashort laser pulses // Uspekhi Fiz. Nauk, 2017, T. 187, No. 2 p. 159; Access mode:
<https://elibrary.ru/item.asp?id=29375048>.
2. A.E. Krasnok, I.S. Maksimov, A.I.Denisyuk, P.A.Belov, A.E.Miroshnichenko, K.R.Simovskiy, Yu.S. Kivshar, Optical nano-antennas Uspekhi Fizicheskikh Nauk, 2013, v.183, №6, with. 561; Access mode:
<https://elibrary.ru/item.asp?id=23103678>
3. A.A. Kuchmizhak, O.B.Vitrik, Yu.N.Kulchin, S.I. Kudryashov, A.A.Ionin, S.V.Makarov Laser imprinting of femtosecond surface plasmon waves for the manufacture of optical nanoantennas // Vestnik DVO RAN, 2015, № 3, s. 53; Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23834201>
4. Condensed matter physics: a textbook for universities in the technical areas of training and specialties / Yu. A. Baikov, V. M. Kuznetsov. Moscow: BINOM. Knowledge Lab, 2011 [http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?Id=chamo:668131 & theme = FEFU](http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?Id=chamo:668131&theme=FEFU)
5. Electromagnetism. Methods for solving problems: a tutorial / V. V. Pokrovsky. Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2011
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668072&theme=FEFU>

Form of final knowledge control: test

АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина "Специальный физический практикум" разработана для студентов 1 и 2 курса направления магистратуры 11.04.04 Электроника и наноэлектроника магистерской программы "Нанотехнологии в электронике" в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет ЗЕТ(3). Учебным планом предусмотрены семинарские занятия (5 работы), самостоятельная работа студента (36 час). Дисциплина «Специальный физический практикум» входит в вариативную часть цикла дисциплин образовательной программы, реализуется на 1 курсе во 2 семестре и на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина «Специальный физический практикум» логически и содержательно связана с такими курсами, как, «Физика магнитных пленок и наноразмерных структур», «Специальные методы технологии выращивания тонких пленок» «Волоконно-оптические измерительные преобразователи и системы» и др.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физических основ методов выращивания тонких пленок, наночастиц и наноматериалов на поверхности твердых тел. Курс построен на ранее изученных основных эффектах взаимодействия атомов и молекул с поверхностью твердых тел, пройденных в курсах "Физика", "Электродинамика", "Оптика твердого тела" и т.д.

Цель изучения дисциплины – освоение практики выращивания и исследования тонких пленок различных материалов современными методами и приборами, доступными в лабораториях исследовательских центров. подготовить студента-магистранта к самостоятельной научно-исследовательской работе и к проведению научных исследований в составе

творческого коллектива, анализа полученных результатов, написание тезисов доклада на конференции, овладение методикой оформления презентации.

Задачи изучения дисциплины:

- приобретение навыков самостоятельного проведения экспериментальных исследований в области физики конденсированного состояния вещества, с учетом темы магистерской диссертации;
- эксплуатации современного оборудования и приборов по избранному направлению исследований;
- проведения математической и статистической обработки результатов исследования;
- интерпретации полученных результатов в рамках современных теорий.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные и профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2, способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	Знает	основные положения базовых дисциплин программы магистратуры
	Умеет	анализировать и оптимально выбирать необходимые результаты освоения дисциплин программы магистратуры для решения профессиональных задач
	Владеет	навыками выбора и использования результатов освоения дисциплин программы магистратуры
ОПК-3, способностью демонстрировать навыки работы в коллективе, порождать новые идеи (креативность)	Знает	правила общения и работы в коллективе
	Умеет	анализировать ситуации в коллективе и выбирать оптимальное поведение в соответствии с обстановкой
	Владеет	навыками разрешения конфликтных ситуаций в коллективе посредством предложения нестандартных решений
ОПК-4, способностью самостоятельно	Знает	информационные базы данных своей предметной области

приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	Умеет	работать с информационными базами данных своей предметной области
	Владеет	навыками практического использования знаний, извлеченных из информационных баз данных своей предметной области
ПК-2 способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	Знает	современные языки программирования и методы их практической реализации.
	Умеет	анализировать поставленные задачи и разрабатывать эффективные алгоритмы их решения с использованием современных языков программирования
	Владеет	навыками практической программной реализации, с использованием современных языков программирования, эффективных алгоритмов решения сформулированных задач
ПК-17 готовностью осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	Знает	правила работы с технической документацией на разрабатываемые устройства, приборы и системы электронной техники на этапах проектирования и производства.
	Умеет	анализировать техническую документацию на разрабатываемые устройства, приборы и системы электронной техники на этапах проектирования и производства
	Владеет	навыками разработки технической документации на устройства, приборы и системы электронной техники и авторского сопровождения на этапах проектирования и производства

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Специальный физический практикум» применяется метод активного/интерактивного обучения:

экскурсии по действующим лабораториям соответствующего профиля для ознакомления с реально работающей аппаратурой;

участие в экспериментальных исследованиях с использованием реально работающего оборудования.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Трудоемкость курса в каждом семестре составляет - 3 з.е., объем 108 часов. Общая трудоемкость курса составляет 6 зачетных единиц, продолжительность 2,3 семестры, объем 216 часов.

Содержание курса разбивается на темы.

Тема 1. Организация прохождения специального физического практикума. (2.0 ч)

Введение. Цель и задачи практикума. Распределение по лабораториям кафедры. График работы. Техника безопасности. Постановка и организация экспериментальных исследований. Планирование эксперимента. Выбор места и специального лабораторного оборудования для экспериментальных исследований (по индивидуальной теме магистранта). Модернизация стандартного оборудования и измерительных приборов для решения нестандартных экспериментальных задач.

Тема 2. Методы фабрикации массивов нано - и микроотверстий. (6.0 ч)

Лазерная фабрикация нано- и микроотверстий: достоинства и недостатки. Методы лазерной абляции. Механизмы формирования нано- и микроотверстий на металлических пленках под действием непрерывного и импульсного лазерного излучения. Спектральные свойства решеток нано- и микроотверстий. Поверхностные плазмоны. Оптические свойства круглого отверстия в бесконечно тонком идеальном проводящем экране. Круглое отверстие в экране конечной толщины. Экстраординарное прохождение света через решетки из наноотверстий. Применение наноотверстий.

Тема 3. Формирование массива трёхмерных островков германия на поверхности кремния. (6.0 ч)

Зависимость плотности островков германия от температуры. Зависимость плотности островков от потока атомов германия. Зависимость плотности островков от количества осажденного германия. Определение критического размера трёхмерного островка германия. Анализ энергетических параметров процесса зарождения островков германия. Нестабильность двумерного слоя германия на поверхности кремния при росте по механизму Странского-Крастанова. Свидетельства распада двумерного слоя германия после зарождения трехмерных островков по данным ОЭМ. Изменение толщины двумерного слоя германия при отжигах. Нестабильность двумерных слоев германия на кремнии с разной ориентацией

поверхности. Диаграмма образования структур германия на поверхности Si(111) для покрытий вблизи перехода от двумерного к трёхмерному росту. Контролирование мест образования трёхмерных островков германия на поверхностях кремния. Влияние атомных ступеней на зарождение островков. Зарождение трёхмерных островков в нестабильном двумерном слое германия, вызванное облучением электронным пучком. Рост островков германия на участках поверхности кремния в окнах сверхтонкой плёнки оксида кремния

Тема 4. Импульсное лазерное напыление. (6,0 ч)

Введение. Импульсное лазерное осаждение (ИЛО). Общие характеристики. Взаимодействие материала с лазерным излучением. Генерация плазмы. Производство макроскопических частиц. Расширение плазмы и переконденсация. Рост пленки. Фемтосекундная абляция. Реактивная импульсная лазерная абляция в скрещенных пучках. Основные особенности. Реактивные процессы рассеяния.

Тема 5. Создание наноструктур германия и кремния с помощью зонда сканирующего туннельного микроскопа. (6,0 ч)

Образование островков кремния на поверхности кремния. Условия образования и кинетика роста островков кремния на поверхности кремния. Влияние величины туннельного тока на образование островков. Механизм переноса атомов к островкам. Модель переноса атомов и вывод размерного соотношения. Оценка параметров взаимодействия электрического поля СТМ с поверхностью кремния. Образование островков германия. Особенности образования островков германия по сравнению с островками кремния. Взаимодействие между электрическим полем СТМ и поверхностными атомами германия. Сравнение процессов образования островков германия и кремния. Образование линий германия на поверхности кремния. Непрерывный перенос атомов германия с помощью зонда СТМ. Влияние отжига на форму линий германия. Пересечение линий германия.

Тема 6. Создание островков германия и кремния на оксидированной поверхности кремния. (6,0 ч)

Получение оксидированной поверхности кремния и условия нанесения германия. Рост германия на оксидированной поверхности кремния. Размеры и структура островков германия. Механизм зарождения. Оценка плотности островков германия. Локальная структура островков германия. Рост кремния на оксидированной поверхности кремния. Морфология тонкого слоя кремния на оксидированной поверхности кремния. Поверхностные процессы при образовании островков. Причины устойчивости островков. Плотность массива островков кремния.

Тема 7. Излучательные свойства наноструктур Ge и Si. (2,0 ч)

Фотолюминесценция наноструктур Ge/Si, выращенных различными методами. Условия образования наноструктурированного кремния (nc-Si) на слое островков германия. Наноструктуры Ge/Si, выращенные при высоких температурах. Слои nc-Si, выращенные на оксидированной поверхности кремния. Фотолюминесценция в видимой области спектра

Тема 8. Оптические нанополосы. (8,0 ч)

Введение. Принцип действия и основные характеристики оптических нанополос. Эффективность излучения, коэффициент направленности и усиления. Сечение поглощения квантового детектора. Коэффициенты локализации поля. Изменение скорости спонтанной эмиссии. Эффект Перселла. Металлические антенны. Плазмонные монополюсные нанополосы. Плазмонные димерные нанополосы. Дипольные нанополосы. Плазмонные нанополосы «галстук-бабочка». Плазмонные нанополосы Яги-Уда. Плазмонные антенны других типов. Диэлектрические нанополосы. Нанополосы, работа которых основана на модах «шепчущей галереи.» Элемент Гюйгенса. Диэлектрические антенны Яги-Уда. Нелинейные оптические нанополосы. Нелинейно-оптический отклик в металле. Нелинейно-оптический отклик в полупроводнике. Применение оптических нанополос. Медицина. Фотовольтаика. Спектроскопия.

Тема 9. Основные методы исследования наноматериалов. (2.0 ч)

Электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Лазерная интерференционная микроскопия. Рентгеновская дифрактометрия.

Тема 10. Нанопленки и нанопроволоки. (2.0 ч)

Полупроводниковые нанопленки и нанопроволоки. Магнитные нанопленки и нанопроволоки. Металлические нанопроволоки.

Тема. 11. Абляция поверхности материалов под действием ультракоротких лазерных импульсов. (6.0 ч)

Введение. Специфика абляции с использованием ультракоротких лазерных импульсов. История исследований. Нерешенные вопросы. Электронная динамика и сверхбыстрая «холодная» абляция. Краткая история и основные методы исследований. Оптическая диагностика электронной динамики. Эмиссия заряженных частиц и зарядение поверхности. Возбуждение и релаксация электронной подсистемы. Подпороговая наномасштабная модификация рельефа поверхности. Откольная абляция расплава. Краткая история и основные методы исследований. Соотношение эффектов разгрузки напряжений и вскипания при откольной абляции. Сегрегация химических элементов. Гидродинамический разлет критического флюида (фазовый взрыв). Краткая история и основные методы исследований. Основные закономерности. Влияние испарительных эффектов. Генерация ударных волн и механическое воздействие на поверхность.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов при проведении специального физического практикума

Контрольные вопросы для проведения текущей аттестации по разделам специального физического практикума:

1. Научная новизна и значимость исследуемой темы.
2. Основные методы проведения научного исследования изучаемого явления.

3. Методы планирования и постановки физического эксперимента.
4. Методика проведения экспериментальных исследований на изученном лабораторном оборудовании;
5. Описание устройства и порядок работы лабораторной установки или измерительного прибора, в соответствии индивидуального задания практиканта;
6. Основные характеристики и физические параметры данной лабораторной установки или измерительного прибора;
7. Принципиальная функциональная и электрическая схема лабораторной установки или контрольно-измерительного прибора;
8. Порядок проведения экспериментальных измерений и обработки полученных данных;
9. Оценка погрешности измерений на изучаемой лабораторной установке.
10. Анализ и интерпретация полученных экспериментальных данных в рамках современных теорий конденсированного состояния вещества

**Формы промежуточной аттестации (по итогам специального
физического практикума)**

- составление и защита реферата в форме зачета по итогам освоения дисциплины;
- защита отчета осуществляется в период зачетной сессии
зачетной сессии

**II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ
КУРСА**

II.1 Практические занятия.

II.1.1. Изучение правил техники безопасности и особенности работы на рабочем месте магистранта.

II.1.2. Общая характеристика научно-исследовательской деятельности на кафедре. Основные научные направления научно-исследовательской работы на кафедре.

П.1.3. Знакомство с рабочим местом магистранта (рабочее место определяется руководителем магистранта в соответствии с индивидуальным заданием магистранта).

П. 2. Образовательные технологии, используемые при проведении занятий

П.2.1 Форма проведения лекционных занятий:

- проводятся в виде беседы с руководителем специального физического практикума от университета.
- показ слайдов, фрагментов диафильмов и видеофильмов о научно-технических достижениях кафедры «Физика».
- экскурсии по смежным лабораториям ДВФУ и ИАПУ ДВО РАН.

П.2.2 Форма проведения научных исследований с руководителем магистранта:

- изучение научно-технической литературы;
- проведение экспериментальных исследований изучаемого физического явления по теме индивидуального задания магистранта;
- проведение математической и статистической обработки результатов экспериментальных измерений;
- проведение анализа и систематизации полученного экспериментального или литературного материала;
- написание реферата по индивидуальной научно-исследовательской работе и защита реферата

П.3 Практические занятия

- Составить технологический маршрут выращивания тонких пленок кремния на изоляторе. /2.5 часа
- Составить технологический маршрут выращивания сильнолегированных пленок кремния на кремниевых подложках. /2.5 часа
- Составить и обосновать технологический маршрут выращивания многослойных кремниевых структур для изготовления «горбатых» диодов. /2.5 часа.

- Составить и обосновать технологический маршрут выращивания тонких пленок металлов на кремнии. /2.5 часа

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами, в том числе, в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Специальный физический практикум» предусмотрено учебным планом и отражено в Приложении 1.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

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.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. А.А.Ионин, С.И.Кудряшов, А.А.Самохин Абляция поверхности материалов под действием ультракоротких лазерных импульсов // Успехи физических наук, 2017, т.187, №2 с.159; Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29375048> .
2. А.Е. Краснок, И.С.Максимов, А.И.Денисюк, П.А.Белов, А.Е.Мирошниченко, К.Р.Симовский, Ю.С.Кившарь, Оптические нанонтенны Успехи физических наук, 2013, т.183, №6, с. 561; Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23103678>
3. А.А. Кучмижак, О.Б.Витрик, Ю.Н.Кульчин,С.И.Кудряшов, А.А.Ионин, С.В.Макаров Лазерное отпечатывание фемтосекундных поверхностных плазмонных волн для изготовления оптических наноантенн // Вестник ДВО РАН, 2015, №3, с. 53; Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23834201>
4. Физика конденсированного состояния : учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668131&theme=FEFU>
5. Электромагнетизм. Методы решения задач : учебное пособие / В. В. Покровский. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:668072&theme=FEFU>

Дополнительная литература

(электронные и печатные издания)

1. Нанoeлектроника: учеб. пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. - 223с. Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:277486&theme=FEFU>
2. Борисенко, В. Е. Нанoeлектроника: теория и практика [Электронный ресурс]: учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е.

- А. Уткина.—3-е изд. (эл.).- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 366 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=485670>
3. Федоров А.В. Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 195 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/740/63740>
4. Дубнищев, Ю.Н. Колебания и волны [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2011. – 384 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=683
5. Ландсберг, Г.С. Оптика [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Электрон. дан. – М. : Физматлит, 2010. – 849 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2238

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет»**

1. Производитель атомно-силовых микроскопов и их различных модификаций: <http://www.ntmdt.ru/>
2. Справочные данные из базы данных отдела физики поверхности ИАПУ ДВО РАН (3000 статей по различным направлениям) физики поверхности кремния. <http://silicon.dvo.ru/>
3. Популярно о нанотехнологиях: <http://www.nanonewsnet.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, Microsoft Office и др.), производится демонстрация роликов о работе исследовательского оборудования с сайта производителей.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В общей трудоемкости дисциплины 108 час. (3 ЗЕТ) аудиторные занятия составляют 72 час.

По дисциплине предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа в объеме 36 час на весь курс дисциплины.

Расписание аудиторных занятий включает в неделю 4 час. Рекомендуются учащимся планировать внеаудиторную самостоятельную работу в объеме 1 час в учебную неделю.

Для углубленного изучения теоретического материала курса дисциплины рекомендуются использовать основную и дополнительную литературу, указанную в приведенном выше перечне.

Рекомендованные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ (в перечне приведены соответствующие гиперссылки этих источников), а также в электронной библиотечной системе (ЭБС) IPRbooks (приведены аналогичные гиперссылки).

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения исследований, связанных с выполнением практических заданий по дисциплине 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 оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
Оборудование лаборатории пленочных технологий	<ol style="list-style-type: none">1. Система электронной литографии Raith E-LINE (10140000026344)2. Сверхвысоковакуумная установка MBE system (10140000026343)3. Сверхвысоковакуумная установка PVD module (10140000025715)4. Сверхвысоковакуумная установка Multiprobe (10140000025714)5. Система измерения магнитных свойств со сверхпроводящим магнитом MPMSXL5 EVERCOOL (10140000026043, 10140000025932)6. Установка для комплексного исследования поверхностей и наноструктур в комплекте (10140000025712)7. Photolithography system Suss MicroTech MJB6 (Germany)8. Automated vibrating sample magnetometer LakeShore 7401 with possibility of samples cooling and heating (USA)9. Kerr microscope Evico Magnetics (Germany)10. Magneto optic magnetometer "NanoMOKE- 2" with possibility of investigation of the nanoobjects with the size more than 200 nm and

	<p>attachment for cooling and heating samples (UK).</p> <p>11. 16 multiprocessor calculation cluster for micromagnetic modeling using MagPar and OOMMF software</p> <p>12. Microsupercomputer with graphic processors for MuMax3 simulations</p> <p>13. Automated four probe station for magnetotransport properties measurements</p> <p>14. Analyzer Agilent for measurement of dynamic properties of magnetic nanostructures (USA)</p>
<p>Оборудование ИАПУ ДВО РАН</p>	<p>1. Сверхвысоковакуумная установка поверхностного анализа MULTIPROBE ARUPS «Omicron»: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 40 до 500K), - ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопии с угловым разрешением</p> <p>2. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка “Omicron” STM VT-25: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 77 до 700 K) - электронная оже-спектроскопия, - дифракция медленных электронов.</p> <p>3. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Катунь»: - дифракция отраженных быстрых электронов, - быстродействующий лазерный эллипсомер ЛЭФ-754.</p> <p>4. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка “Riber” DEL-300: - дифракция медленных электронов, - четырехзондовый метод измерения электрического сопротивления.</p> <p>5. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка “Omicron” STM-1: - сканирующая туннельная микроскопия, - сканирующая туннельная спектроскопия.</p> <p>6. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка “Riber” LAS 600: - дифракция медленных электронов, - электронная оже-спектроскопия.</p> <p>7. Сверхвысоковакуумная установка для молекулярно пучковой эпитаксии, оборудованная эффузионными ячейками Кнудсена (производства Dr. Erbell) и дифрактометром быстрых электронов Specs RHD-30.</p> <p>Возможность доступа к БД Web of Science, открыт доступ к десяти электронным библиографическим и полнотекстовым ресурсам при поддержке консорциума НЭИКОН, создана собственная БД (silicon.dvo.ru) научных публикаций по физике поверхности полупроводников Si, Ge.</p>
<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)</p>	<p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty</p> <p>Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.</p> <p>Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>

Для дополнительного ознакомления студентов с приборами и методами исследований по теме данной дисциплины может быть проведена экскурсия по действующим лабораториям ДВФУ.



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

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине
«Специальный физический практикум»
Направление подготовки **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
программа "Нанотехнологии в электронике"
Форма подготовки очная

Владивосток
2017

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели семестра	Ознакомление с научной литературой по методам выращивания тонких пленок	8 час.	Контрольные вопросы
2	3-4 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №1	4 час.	Защита отчета
3	5-6 недели семестра	Ознакомление с научной литературой по осаждению пленок из молекулярных пучков	7 час.	Контрольные вопросы
4	7-8 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №2	4 час.	Защита отчета
5	9-10 недели семестра	Ознакомление с научной литературой по лазерному осаждению тонких пленок	7 час.	Контрольные вопросы
6	11-12 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №3	4 час.	Защита отчета
7	13-14 недели семестра	Ознакомление с дополнительными материалами по методам характеристики электрофизических свойств тонких пленок	7 час.	Контрольные вопросы
8	15-16 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе №4	4 час	Защита отчета
Итого			45 час.	

Темы дисциплины

- Тема 1. Организация прохождения специального физического практикума
- Тема 2. Методы фабрикации массивов нано- и микроотверстий
- Тема 3. Формирование массива трёхмерных островков германия на поверхности кремния
- Тема 4. Импульсное лазерное напыление
- Тема 5. Создание наноструктур германия и кремния с помощью зонда сканирующего туннельного микроскопа
- Тема 6. Создание островков германия и кремния на оксидированной поверхности кремния
- Тема 7. Излучательные свойства наноструктур германия и кремния.
- Тема 8. Оптические наноантенны.
- Тема 9. Основные методы исследования наноматериалов
- Тема 10. Нанопленки и нанопроволоки
- Тема 11. Абляция поверхности материалов под действием ультракоротких лазерных импульсов.



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

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине
«Специальный физический практикум»
Направление подготовки **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
программа "Нанотехнологии в электронике"
Форма подготовки очная

Владивосток
2017

Паспорт ФОС

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-2, способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	знает (пороговый уровень)	основные положения базовых дисциплин программы магистратуры	самостоятельно разбираться в проблемах своей предметной области	способность показать базовые знания о: - своей предметной области; - физических методах исследования в своей предметной области	60 - 74
	умеет (продвинутый)	анализировать и оптимально выбирать необходимые результаты освоения дисциплин программы магистратуры для решения профессиональных задач	самостоятельно выбирать оптимальные пути решения задач в своей предметной области	способность сопоставлять и критически подходить к выбору: - методов анализа проблемы; - методов решения проблемы; - методов проведения экспериментов для достижения поставленной цели	75 - 89
	владеет (высокий)	навыками выбора и использования результатов освоения дисциплин программы магистратуры	самостоятельно применять оптимальные методы решения поставленной задачи и представления результатов решения	способность показать: - типовые маршруты решения физических проблем, - факторы, влияющие на обеспечение получения заданных результатов и точность полученных измерений	90 - 100
ОПК-3, способностью демонстрировать навыки работы в коллективе, порождать новые идеи (креативность)	знает (пороговый уровень)	правила общения и работы в коллективе	самостоятельно разбираться в принципах общения и работы в коллективе	способность показать базовые знания: - основных правил поведения в коллективе; - основных правил работы в коллективе	60 - 74
	умеет (продвинутый)	анализировать ситуации в коллективе и выбирать оптимальное поведение в соответствии с обстановкой	самостоятельно выбирать алгоритмы поведения в общении и работы в коллективе	способность критически анализировать и выбирать оптимальные алгоритмы: - межличностных отношений в коллективе; - производственных отношений в коллективе	75 - 89
	владеет (высокий)	навыками разрешения конфликтных ситуаций в коллективе	самостоятельно выбирать методы и способы разрешения	Способность показать оптимальные и нестандартные пути решения: - проблем межличностных отношений в коллективе;	90 - 100

		посредством предложения нестандартных решений	конфликтных ситуаций в коллективе и в области производственных отношений	- проблем производственных отношений в коллективе	
ОПК-4, способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	знает (пороговый уровень)	информационные базы данных своей предметной области	самостоятельно определять информационные базы данных своей предметной области	способность показать базовые знания об информационном обеспечении своей предметной области: - информационные базы данных; - справочная литература	60 - 74
	умеет (продвинутый)	работать с информационными базами данных своей предметной области	Самостоятельно выбирать оптимальные базы данных своей предметной области	способность сопоставлять и критически подходить к выбору: - информационных баз данных; - методов поиска и извлечения полезной информации из баз данных;	75 - 89
	владеет (высокий)	навыками практического использования знаний, извлеченных из информационных баз данных своей предметной области	самостоятельно извлекать из информационных баз данных новые знания и умения и эффективно применять их в своей предметной области	Способность показать оптимальные пути извлечения новых знаний и умений и их практического использования при: - постановке задач в своей предметной области; - при решении поставленных задач в своей предметной области	90 - 100
ПК-2, способностью разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	знает (пороговый уровень)	современные языки программирования и методы их практической реализации.	самостоятельно выбирать языки программирования, необходимые для решения сформулированных задач	Способность показать базовые знания о программировании и программной реализации: - языки программирования; - области применения и ограничения конкретных языков программирования	60 - 74
	умеет (продвинутый)	анализировать поставленные задачи и разрабатывать эффективные алгоритмы их решения с использованием современных языков программирования	самостоятельно разрабатывать эффективные пути решения поставленных задач с использованием современных языков программирования	Способность анализировать поставленную задачу и критически подходить к выбору: - способов решения задачи; - адекватных языков программирования для создания эффективного алгоритма решения поставленной задачи	75 - 89
	владеет (высокий)	навыками практической программной реализации, с использованием	самостоятельно разрабатывать программное	Способность показать пути создания оптимального программного обеспечения для решения сформулированной задачи:	90 - 100

		м современных языков программирования, эффективных алгоритмов решения сформулированных задач	обеспечение с использованием современных языков программирования для решения сформулированных задач	- алгоритм решения поставленной задачи; - алгоритм выбора оптимального языка программирования необходимого для решения поставленной задачи; - практическая реализация программного обеспечения для решения поставленной задачи	
ПК-17, готовностью осуществлять авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	знает (пороговый уровень)	правила работы с технической документацией на разрабатываемые устройства, приборы и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	самостоятельно выбирает необходимую документацию для авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	способность показать: - основы авторского права; - правила разработки и оформления чертежей устройств, приборов и систем электронной техники. - базовые методы составления документации по защите прав на объекты интеллектуальной собственности.	60 - 74
	умеет (продвинутый)	анализировать техническую документацию на разрабатываемые устройства, приборы и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	самостоятельно анализировать техническую документацию и выбирать эффективные пути авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и системы электронной техники на этапах проектирования и производства	способность показать: - базовые положения авторского права; - правила разработки и оформления чертежей, схем, устройств, приборов и систем электронной техники; - основные методы проведения патентных исследований на объекты интеллектуальной собственности согласно регламентам.	75 - 89
	владеет (высокий)	навыками разработки технической документации на устройства, приборы и системы электронной техники и	самостоятельно разрабатывает техническую документацию и меры по защите интеллектуальной	Способность показать: - юридические основы авторского права; - правила разработки и оформления чертежей, схем устройств, приборов и систем электронной техники; - алгоритмы авторского сопровождения разрабатываемых устройств, приборов и систем	90 - 100

		авторского сопровождения на этапах проектирования и производства	собственность и на устройства, приборы и системы электронной техники и авторского сопровождения на этапах проектирования и производства	электронной техники на этапах проектирования и производства; - методы проведения патентных исследований; - методы составления документации по защите прав на объекты интеллектуальной собственности.	
--	--	--	---	--	--

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Специальный физический практикум» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Специальный физический практикум» проводится в форме защиты практических работ по оцениванию фактических результатов обучения студентов. 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 отчетов по лабораторным работам

Оценивание защиты практической работы проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он представляет к защите отчет по практической работе, удовлетворяющий требованиям по поставленным заданиям, по оформлению, 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 работы, допускает существенные ошибки в работе, представляет отчет с существенными отклонениями от правил оформления письменных работ.

Промежуточная аттестация студентов

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Специальный физический практикум» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Специальный физический практикум» проводится в виде зачета, форма зачета - «устный опрос в форме ответов на вопросы». Допуск к экзамену возможен только после защиты отчетов по всем практическим работам курса.

Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине "Специальный физический практикум"

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	«зачтено»	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	«зачтено»	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	«зачтено»	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	«не зачтено»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного 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

Вопросы к зачету

1. Лазерная фабрикация нано- и микроотверстий: достоинства и недостатки. Методы лазерной абляции. Механизмы формирования нано- и микроотверстий на металлических пленках под действием непрерывного и импульсного лазерного излучения.
2. Спектральные свойства решеток нано- и микроотверстий. Поверхностные плазмоны. Экстраординарное прохождение света через решетки из наноотверстий. Применение наноотверстий.
3. Зависимость плотности островков германия от температуры подложки, потока атомов германия и количества осажденного германия.
4. Определение критического размера трёхмерного островка германия. Анализ энергетических параметров процесса зарождения островков германия.

5. Нестабильность двумерного слоя германия на поверхности кремния при росте по механизму Странского-Крастанова. Свидетельства распада двумерного слоя германия после зарождения трёхмерных островков по данным ОЭМ.
6. Нестабильность двумерных слоев германия на кремнии с разной ориентацией поверхности. Диаграмма образования структур германия на поверхности Si(111) для покрытий вблизи перехода от двумерного к трёхмерному росту.
7. Контролирование мест образования трёхмерных островков германия на поверхностях кремния. Влияние атомных ступеней на зарождение островков.
8. Зарождение трёхмерных островков в нестабильном двумерном слое германия, вызванное облучением электронным пучком. Рост островков германия на участках поверхности кремния в окнах сверхтонкой плёнки оксида кремния
9. Влияние величины туннельного тока на образование островков. Механизм переноса атомов к островкам. Модель переноса атомов и вывод размерного соотношения.
10. Оценка параметров взаимодействия электрического поля СТМ с поверхностью кремния.
11. Особенности образования островков германия по сравнению с островками кремния.
12. Взаимодействие между электрическим полем СТМ и поверхностными атомами германия.
13. Сравнение процессов образования островков германия и кремния.
14. Образование линий германия на поверхности кремния. Непрерывный перенос атомов германия с помощью зонда СТМ. Влияние отжига на форму линий германия.
15. Получение оксидированной поверхности кремния и условия нанесения германия

16. Рост германия на оксидированной поверхности кремния. Размеры и структура островков германия. Локальная структура островков германия. Механизм зарождения. Оценка плотности островков германия
17. Рост кремния на оксидированной поверхности кремния. Морфология тонкого слоя кремния на оксидированной поверхности кремния.
18. Поверхностные процессы при образовании островков. Причины устойчивости островков. Плотность массива островков кремния.
19. Фотолюминесценция наноструктур Ge/Si, выращенных различными методами.
20. Условия образования наноструктурированного кремния (nc-Si) на слое островков германия. Наноструктуры Ge/Si, выращенные при высоких температурах.
21. Слои nc-Si, выращенные на оксидированной поверхности кремния. Фотолюминесценция в видимой области спектра
22. Принцип действия и основные характеристики оптических наноантенн. Эффективность излучения, коэффициент направленности и усиления. Сечение поглощения квантового детектора. Коэффициенты локализации поля. Изменение скорости спонтанной эмиссии. Эффект Перселла.
23. Виды наноантенн. Металлические антенны. Плазмонные монопольные наноантенны. Плазмонные димерные наноантенны. Дипольные наноантенны. Плазмонные наноантенны» галстук-бабочка». Плазмонные наноантенны Яги-Уда. Плазмонные антенны других типов. Диэлектрические наноантенны. Наноантенны, работа которых основана на модах «шепчущей галереи». Элемент Гюйгенса. Диэлектрические антенны Яги-Уда.
24. Нелинейные оптические наноантенны. Нелинейно-оптический отклик в металле. Нелинейно-оптический отклик в полупроводнике.
25. Применение оптических наноантенн. Медицина. Фотовольтаика. Спектроскопия.

26. Основные методы исследования наноматериалов. Электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Лазерная интерференционная микроскопия. Рентгеновская дифрактометрия.
27. Нанопленки и нанопроволоки. Полупроводниковые, магнитные и металлические.
28. Специфика абляции с использованием ультракоротких лазерных импульсов. Электронная динамика и сверхбыстрая «холодная» абляция.
29. Оптическая диагностика электронной динамики. Эмиссия заряженных частиц и зарядение поверхности. Возбуждение и релаксация электронной подсистемы.
30. Откольная абляция расплава. Соотношение эффектов разгрузки напряжений и вскипания при откольной абляции. Сегрегация химических элементов.

Оценочные средства для текущей аттестации

Типовые задания к практическим и самостоятельным работам

1. Рассказать об основном физическом эффекте, лежащем в основе определенного метода выращивания тонких пленок и объяснить его практическую реализацию
2. Показать область применимости данного метода выращивания и основные свойства пленок, получаемых этим методом.
3. Определить приемлемые методы выращивания тонких пленок определенного материала с заданными свойствами. Обосновать выбор.
4. Определить необходимые методы контроля процесса роста и анализа физических свойств полученных структур.
5. Составить технологический маршрут изготовления структуры с заданными свойствами.