



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»

(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Огнев А.В.

(Ф.И.О.)

« 28 » 02 2023 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента



(подпись)

Короченцев В.В.

(Ф.И.О.)

02 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы получения и исследования магнитных наноструктур

Направление подготовки 03.04.02 Физика

Использование синхротронного излучения (совместно с НИЯУ МИФИ,
МГТУ им. Н. Э. Баумана, НИ НИЦ "Курчатовский институт")

Форма подготовки очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.03.02 **Физика**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07.08.2020 № 891 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 5 от «28» февраля 2023 г.

Директор департамента

Составитель (ли):

к.х.н., доцент, Короченцев В.В.

к.ф.-м.н., Юрий Владимирович

Владивосток

2023

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от « ____ » _____ 202 г. № ____

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от « ____ » _____ 202 г. № ____

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от « ____ » _____ 202 г. № ____

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от « ____ » _____ 202 г. № ____

Цель: сформировать представление о методах получения магнитных наноструктур, а также освоение теории и практики исследования магнитных наноструктур современными методами и приборами.

Задачи:

1. Приобретение студентами базового набора знаний и умений в области методов получения и исследования магнитных наноструктур.

2. формирование навыков практической работы с исследовательской аппаратурой, умение обрабатывать и получать заданные параметры магнитных наноструктур.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируется профессиональная компетенция.

Профессиональная компетенция выпускников и индикаторы ее достижения:

| Тип задач | Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения) | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------|---|---|
| Научно-исследовательский | ПК-2 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач | ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине) |
|---|---|
| ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач | Знает основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач |
| | Умеет выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи |
| | Владеет методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач |
| ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну | Знает основные методы проведения научного исследования |
| | Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи |
| | Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом |

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине) |
|---|---|
| ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты | Знает методику проведения научного исследования |
| | Умеет организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу |
| | Владеет навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования |

1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы 108 академических часов, в том числе 64 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и 44 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

| Обозначение | Виды учебных занятий и работы обучающегося |
|-------------|--|
| Лек | Лекции |
| Пр | Практические занятия |
| СР | Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения |

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

| | Наименование раздела дисциплины | Семестр | Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося | | | | | Формы промежуточной аттестации |
|---|--|---------|---|-----|----|----|----|--------------------------------|
| | | | Лек | Лаб | Пр | ОК | СР | |
| 1 | Газофазная эпитаксия | 3 | | | 4 | | 4 | Зачет |
| 2 | Молекулярно-лучевая эпитаксия | 3 | | | 4 | | 4 | |
| 3 | Твердофазная эпитаксия | 3 | | | 4 | | 6 | |
| 4 | Импульсное лазерное напыление | 3 | | 32 | 4 | | 6 | |
| 5 | Реактивная молекулярно-лучевая эпитаксия | 3 | | | 4 | | 6 | |
| 6 | Эпитаксия на инородных подложках (гетероэпитаксия) | 3 | | | 4 | | 6 | |

| | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|----|----|--|----|--|--|
| 7 | Методы исследования эпитаксиальных слоев | 3 | | | 4 | | 6 | | |
| 8 | Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии | 3 | | | 4 | | 6 | | |
| | Итого: | | | 32 | 32 | | 44 | | |

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Не предусмотрено

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Лабораторные работы

Лабораторная работа №1: Составить технологический маршрут выращивания тонких пленок кремния на изоляторе.

Лабораторная работа №2: Составить технологический маршрут выращивания сильнолегированных пленок кремния на кремниевых подложках.

Лабораторная работа №3: Составить и обосновать технологический маршрут выращивания многослойных кремниевых структур для изготовления «горбатых» диодов.

Лабораторная работа №4: Составить и обосновать технологический маршрут выращивания тонких пленок металлов на кремнии.

Практические занятия

Практическое занятие 1. Газофазная эпитаксия

Введение, химическая кинетика, влияние температуры, легирование, автолегирование, технологическое оборудование, выбор оптимальной технологии.

Практическое занятие 2. Молекулярно-лучевая эпитаксия

Введение, описание процесса, качество вакуума, система роста, подготовка подложки, легирование, кинетика легирования, легирование вторичной имплантацией, ионное легирование, сегрегация примеси, кинетика сегрегации.

Практическое занятие 3. Твердофазная эпитаксия

Введение, структурное различие между аморфным и кристаллическим кремнием, способы приготовления аморфного кремния, кинетика кристаллизации, основные закономерности кристаллизации, ориентационная зависимость, влияние примесей на кинетику кристаллизации, процессы, сопутствующие эпитаксиальной кристаллизации.

Практическое занятие 4. Импульсное лазерное напыление

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.

Практическое занятие 5. Реактивная молекулярно-лучевая эпитаксия

Вакуумные методы испарения соединений: прямое испарение, реактивное, пучковое. Механизмы реактивной молекулярно-лучевой эпитаксии: где происходит реакция, конденсация металла и газовых молекул, реакции и процессы роста при формировании оксидов, карбидов и нитридов. Процесс активированного реактивного осаждения. Реактивная МЛЭ нитридов и карбидов. МЛЭ с газовыми источниками: газовые источники для элементов V группы. Металлоорганические газовые источники

Практическое занятие 6. Эпитаксия на инородных подложках (гетероэпитаксия)

Введение, силициды, гетероструктура фториды/кремний, система германий/кремний, кремний на изоляторе, боковая эпитаксия.

Практическое занятие 7. Методы исследования эпитаксиальных слоев

Кристаллическое качество и дефекты, метод сопротивления растекания, вольт-емкостной метод, методы определения подвижности основных носителей, времени жизни неосновных носителей, параметров ловушек.

Практическое занятие 8. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии

Сравнительный анализ P-N-перехода и барьера Шоттки, униполярные двухполюсные приборы, униполярные транзисторные структуры.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

| № п/п | Дата/сроки выполнения | Вид самостоятельной работы | Примерные нормы времени на выполнение | Форма контроля |
|-------|-----------------------|--|---------------------------------------|--|
| 1 | в течение семестра | Работа с основной и дополнительной литературой, интернет-источниками. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. | 44 час. | УО-1 Собеседование ПР-6 Лабораторная работа |
| | ИТОГО | | 44 часа | |

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью образовательного процесса и рассматривается как организационная форма обучения. Самостоятельная работа по дисциплине осуществляется в виде внеаудиторных форм познавательной деятельности.

Самостоятельная работа включает в себя подготовку к практическим и лабораторным занятиям, работу с литературой.

Работа с литературой.

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при подготовке к практическим занятиям рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Подготовка к лабораторным занятиям. Перед выполнением лабораторных работ студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом по теме занятия. Если при изучении теоретического материала возникли вопросы, задать вопрос преподавателю.

После выполнения каждого этапа работы, необходимо сделать анализ полученных результатов. Если результат удовлетворяет всем требованиям, указанным в задании, перейти к следующему этапу. В противном случае, если результат не удовлетворяет требованиям задания, приводит к 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.

Структура отчета по лабораторной работе

Отчеты представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MS Word.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождаемая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

- *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);
- *Исходные данные к выполнению заданий* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);
- *Основная часть* – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- *Выводы* – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);
- *Список литературы* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);
- *Приложения* – необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Оформление отчета по лабораторной работе

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- 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);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- 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 – 25-30 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 (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их

следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую сквозную нумерацию страниц работы.

Рекомендации по оформлению графического материала

Графические материалы – сканы рельефа поверхности или изображения магнитного контраста должны быть экспортированы из программного обеспечения Gwiddion в виде файла с расширением *.tif с разрешением не менее 512 пк x 512 пк и вставлены в отчет. При необходимости изображения нужно расширить, чтобы преподаватель имел возможность увидеть детали скана.

Рекомендации по оформлению графиков

Графики должны быть построены в программном пакете Excel или Origin. Оси графиков должны быть подписаны. Если в графике присутствуют несколько кривых, на графике необходимо привести легенду (отличительное описание каждой кривой). Все цифры на графике должны быть различимы.

Самостоятельная работа. Выполнение самостоятельной работы студентами необходимо для успешного закрепления изученного материала и навыков, приобретенных на лабораторных и практических занятиях.

5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины | Коды и этапы формирования компетенций | | Оценочные средства | |
|-------|--|---------------------------------------|---------|-----------------------|--------------------------|
| | | | | текущий контроль | промежуточная аттестация |
| 1 | Темы 1 - 8 | ПК-2 | знает | УО-1 Собеседование | Зачет |
| | | | умеет | | |
| | | | владеет | | |

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе ФОС.

6. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Громов, Д.Г. Металлизация ультрабольших интегральных схем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.Г. Громов, А.И. Мочалов, А.Д. Сулимин и др. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 277 с.: ил.; 60x90/16. - ISBN 978-5-9963-0915-3. ЭК НБ ДВФУ: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:277417&theme=FEFU>

2. Королёв, М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Электронный ресурс]: в 2 ч. Ч. 1 / М.А. Королёв, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева; М.А. Королёв [и др.]; под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю. А. Чаплыгина. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 397 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-0912-2 (Ч. 1), ISBN 978-5-94774-583-2. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=476068>

3. Королёв, М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [Электронный ресурс]: в 2 ч. Ч. 2 / М.А. Королёв, Т.Ю. Крупкина, М.Г. Путря и др.; под общей ред. чл.-корр. РАН проф. Ю.А. Чаплыгина. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 422 с.; 60x90/16. ISBN 978-5-9963-0913-9 (Ч. 2), ISBN 978-5-94774-583-2. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=366622>

4. Коркишко, Ю.Н. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов: в 2 т. Т. 1 / под общ. ред. Ю.Н. Коркишко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 392 с.: 60x90/16. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0335-9 (Т. 1), 978-5-

9963-0341-0.

ЭК

НБ

ДВФУ:

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:298095&theme=FEFU>

5. Коркишко, Ю.Н. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов : в 2 т. Т. 2 / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 252 с.: ил. - 60x90/16. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-0336-6 (Т.2), ISBN 978-5-9963-0341-0. Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=366692>

Дополнительная литература

1. 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>

2. 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>

3. 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>

4. Дубровский, В. Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур / В. Г. Дубровский. – М.: Физматлит., 2009. – 350 с. ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:290022&theme=FEFU>

5. Федоров А.В. Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур: Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. - 195 с. ЭК НБ ДВФУ: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-65340&theme=FEFU>

Интернет-ресурсы

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.

7.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу.

При организации учебной деятельности на занятиях широко используются как традиционные, так и современные электронные носители информации, а также возможности информационных и коммуникационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся в учебной группе.

Со стороны преподавателя студентам оказывается помощь в формировании навыков работы с литературой, анализа литературных источников.

Следует учитывать, что основной объем информации студент должен усвоить в ходе систематической самостоятельной работы с материалами, размещенными как на электронных, так и на традиционных носителях.

Для углубленного изучения материала курса дисциплины рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

Литературные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронных библиотечных системах (ЭБС), с доступом по гиперссылкам — ЭБС издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" (<http://znanium.com/>), ЭБС IPRbooks (<http://iprbookshop.ru/>) и другие ЭБС, используемые в ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

Формами текущего контроля результатов работы студентов по дисциплине являются собеседование, лабораторные работы.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в форме зачета в конце 3 семестра.

Организация деятельности студента.

Практическое занятие. Перед практическим занятием студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом по теме занятия. Если при изучении теоретического материала возникли вопросы, задать вопрос преподавателю. На практических занятиях проводятся опросы (собеседования) по тематике занятий.

Лабораторное занятие. Перед выполнением лабораторных работ студенты должны ознакомиться с теоретическим материалом по теме занятия. Если при изучении теоретического материала возникли вопросы, задать вопрос преподавателю.

После выполнения каждого этапа работы, необходимо сделать анализ полученных результатов. Если результат удовлетворяет всем требованиям, указанным в задании, перейти к следующему этапу. В противном случае, если результат не удовлетворяет требованиям задания, приводит к 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.

Самостоятельная работа. Выполнение самостоятельной работы студентами необходимо для успешного закрепления изученного материала и навыков, приобретенных на практических и лабораторных занятиях.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по дисциплине, 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.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

| 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. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная. | Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012. |
| 690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы | Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.) | IBM SPSS Statistics Premium Campus Edition. Поставщик ЗАО Прогностические решения. Договор ЭА-442-15 от 18.01.2016 г., лот 5. Срок действия договора с 30.06.2016 г. Лицензия - бессрочно. SolidWorks Campus 500. Поставщик Солид Воркс Р. Договор 15-04-101 от 23.12.2015 г. Срок действия договора с 15.03.2016 г. Лицензия - бессрочно. АСКОН Компас 3D v17. Поставщик Нави-ком. Договор 15-03-53 от 20.12.2015 г. Срок действия договора с 31.12.2015 г. Лицензия - бессрочно. MathCad Education University Edition. Поставщик Софт Лайн Трейд. Договор 15-03-49 от 02.12.2015 г. Срок действия договора с |

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>30.11.2015 г. Лицензия - бессрочно. Windows Edu Per Device 10 Education. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Под-писка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - 30.06.2020 г. Office Professional Plus 2019. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Подписка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - бессрочно. Autocad 2018. Поставщик Autodesk. Договор № 110002048940 от 27.10.2018 г. Сетевая, конкурентная. Срок действия договора с 27.10.2018 г. Лицензия - 27.10.2021 г. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p> |
|--|--|---|

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.

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|---|---|---|
| <p>690014, Приморский край, г.Владивосток, ул. Радио 5, ИАПУ ДВО РАН, 302, 304, 306, 308, 310</p> | <p>Специализированная лаборатория Департамента общей и экспериментальной физики структур: Лаборатория технологии двумерной микроэлектроники: 1. Сверхвысоковакуумная установка поверхностного анализа MULTIPROBE ARUPS «Omicron»: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 40 до 500К), - ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением 2. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка “Omicron” STM VT-25: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 77 до 700 К) - электронная оже-спектроскопия, - дифракция медленных электронов. 3. Сверхвысоковакуумная установка для молекулярно- пучковой эпитаксии, оборудованная эффузионными ячейками Кнудсена (производства Dr. Erbell) и</p> | <p>Microsoft Office365/Microsoft/США/Платное ПО Microsoft Teams/Microsoft/США/Платное ПО</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | дифрактометром быстрых электронов Specs RHD-30. Количество посадочных рабочих мест для студентов - 8 | |
|--|---|--|

9. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | | Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине) | | | |
|---|---|--|---------|-----------------------|--------------------------|
| ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач | Знает основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач | | | | |
| | Умеет выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи | | | | |
| | Владеет методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач | | | | |
| ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну | Знает основные методы проведения научного исследования | | | | |
| | Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи | | | | |
| | Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом | | | | |
| ПК-2.3 организывает и проводит научные исследования, обрабатывает полученные результаты | Знает методику проведения научного исследования | | | | |
| | Умеет организовывать НИР в научном коллективе, распределять и делегировать выполняемую работу | | | | |
| | Владеет навыками аналитической работы, методами и технологиями проведения научного исследования | | | | |
| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины | Коды и этапы формирования компетенций | | Оценочные средства | |
| | | | | текущий контроль | промежуточная аттестация |
| 1 | Темы 1 - 8 | ПК-2 | знает | УО-1 Собеседование | Зачет |
| | | | умеет | | |
| | | | владеет | | |

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

Текущая аттестация осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний;

– результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Для дисциплины используются следующие оценочные средства:

1. собеседование (УО-1)

2. Лабораторная работа (ПР-6)

Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов)

Собеседование (УО-1) - средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п..

Собеседование проводится в рамках каждого практического занятия по тематике занятия. Вопросы содержатся в разделе практические занятия.

Пример вопросов к практическому занятию

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.

Ответы должны отличаться достаточным объемом знаний, глубиной и полнотой раскрытия темы, логической последовательностью, четкостью выражения мыслей и обоснованностью выводов, характеризующих знание понятийно-терминологического аппарата, умение им пользоваться при ответе.

Критерии оценки:

| Уровень освоения | Критерии оценки результатов обучения | Количество баллов / оценка |
|----------------------|---|----------------------------|
| Повышенный | Ответ показывает прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные и дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия. | 100 – 86 Зачтено |
| Базовый | Ответ, обнаруживающий прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные вопросы, но не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия. | 85-76 Зачтено |
| Пороговый | Ответ, свидетельствующий в основном о знании понятий изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия вопроса; знании основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Студент ответил на часть основных или дополнительных вопросов, заданных преподавателем по теме практического занятия. | 75-61 Зачтено |
| Уровень не достигнут | Ответ, обнаруживающий незнание понятий изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием вопроса; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Студент не ответил на вопросы, заданные преподавателем по теме практического занятия, либо допустил множество ошибок в ответе. | 60-0 Не зачтено |

Лабораторная работа (ПР-6) - средство для закрепления и практического освоения материала по определенной теме/разделу.

Приступая к выполнению лабораторной работы, прежде всего, студенту необходимо подробно изучить ход выполнения работы по теме лабораторного занятия, соответствующую литературу, требования к содержанию и структуре задания. Студент должен определить и усвоить ключевые понятия и представления. В случае возникновения трудностей студент должен и может обратиться за консультацией к преподавателю.

Выполнение лабораторной работы направлено на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений и навыков. Приступая к выполнению лабораторной работы, прежде всего, студенту необходимо подробно изучить вопросы практических занятий, соответствующую литературу, требования к содержанию и структуре задания. Студент должен определить и усвоить ключевые понятия и представления. В случае возникновения трудностей студент должен и может обратиться за консультацией к преподавателю.

Критерием оценки выполнения лабораторной работы является умение студента синтезировать, анализировать, обобщать фактический материал с формулированием конкретного результата. Оценивается творческий уровень, позволяющий диагностировать умения, интегрировать знания, аргументировать выводы, полнота выполненных заданий, качество полученных научных результатов, качество обработки графических результатов, качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов.

Критерии оценки:

| Уровень освоения | Критерии оценки результатов обучения | Количество баллов / оценка |
|------------------|--|----------------------------|
| Повышенный | Студент выполнил лабораторную работу, грамотно решил поставленную задачу с представлением результата. Продемонстрировано знание и владение | 100-86 |

| | | |
|----------------------|---|--------------------|
| | навыками самостоятельной работы по заданной теме, технологиями, методами и приемами анализа ситуации. Требования к содержанию и структуре отчета полностью соблюдены. | Зачтено |
| Базовый | Студент выполнил лабораторную работу, решил поставленную задачу с представлением результата. Продемонстрировано владение навыком самостоятельной работы по заданной теме, методами анализа ситуации. В целом соблюдаются требования, предъявляемые к содержанию и структуре отчета. Допущено не более 2 ошибок или неточностей при выполнении работы. | 85-76 Зачтено |
| Пороговый | Студент выполнил лабораторную работу, но обнаружил фрагментарные, поверхностные знания темы; испытывает затруднения с использованием ключевых понятий, выполнением задания в целом. В целом соблюдаются требования, предъявляемые к содержанию и структуре отчета. Допущено не более 5 ошибок или неточностей при выполнении лабораторной работы. | 75-61 Зачтено |
| Уровень не достигнут | Студент частично выполнил лабораторную работу, обнаружил незнание темы и ключевых понятий. Не соблюдены требования к содержанию и структуре отчета. Допущено более 5 ошибок или неточностей при выполнении лабораторной работы. | 60-0 Не зачтено |

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

Форма отчётности по дисциплине – зачет (3-й, осенний семестр). Студент допускается к зачету после получения положительных оценок за задания текущей аттестации, выполненные в течение семестра (оценочные средства для текущего контроля). Зачет по дисциплине проводится в форме собеседования.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка зачтено / не зачтено.

Вопросы к зачету

1. Газофазная эпитаксия: Химическая кинетика.
2. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Вольт-емкостной метод.
3. Газофазная эпитаксия: Легирование, автолегирование.

4. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Метод сопротивления растекания.
5. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Описание процесса, система роста, качество вакуума, подготовка подложки.
6. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения подвижности основных носителей.
7. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Легирование, кинетика легирования.
8. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения времени жизни неосновных носителей.
9. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Легирование вторичной имплантацией, ионное легирование.
10. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения параметров ловушек.
11. Молекулярно-лучевая эпитаксия: Сегрегация примеси, кинетика сегрегации.
12. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии: Сравнительный анализ P-N-перехода и барьера Шоттки.
13. Твердофазная эпитаксия: Структурное различие между аморфным и кристаллическим кремнием, способы приготовления аморфного кремния.
14. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии: Униполярные двухполюсные приборы.
15. Твердофазная эпитаксия: Кинетика кристаллизации, основные закономерности кристаллизации.
16. Приборные приложения вакуумных методов эпитаксии: Транзисторные структуры.
17. Твердофазная эпитаксия: Влияние примесей на кинетику кристаллизации, процессы.
18. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Кристаллическое качество и дефекты.
19. Твердофазная эпитаксия: Процессы, сопутствующие эпитаксиальной кристаллизации.
20. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Вольт-емкостной метод.

21. Эпитаксия на инородных подложках: Система германий/кремний.

22. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения времени жизни неосновных носителей.

23. Эпитаксия на инородных подложках: Кремний на изоляторе, боковая эпитаксия.

24. Методы исследования эпитаксиальных слоев: Методы определения параметров ловушек.

Критерии выставления оценки студенту на зачете

| Баллы (рейтинговой оценки) | Оценка зачета (стандартная) | Требования к сформированным компетенциям |
|----------------------------|-----------------------------|--|
| 61 -100 | «зачтено» | Оценка «зачтено» 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. |
| 0 - 60 | «не зачтено» | Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, не может ответить на три дополнительных вопроса преподавателя, касающихся темы вопроса на зачет. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

| ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине | | | | |
|---|-------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Оценка | 2 (не зачтено) | 3 (зачтено) | 4 (зачтено) | 5 (зачтено) |
| виды оценочных средств | | | | |
| Знания (виды оценочных средств: собеседование) | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| Умения (виды) | Отсутствие умений | В целом успешное, но не | В целом успешное, но содержащее | Успешное и систематическое |

| | | | | |
|--|--------------------------------------|--|--|---|
| <i>оценочных средств: лабораторная работа)</i> | | систематическое умение | отдельные пробелы умение (допускает неточности неприципиального характера) | умение |
| Навыки (владения, опыт деятельности) | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |