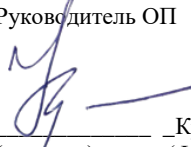




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

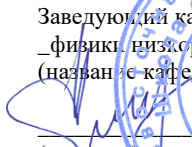
ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

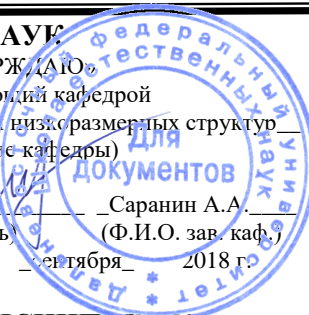
«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


_____ Крайнова Г.С.
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)
« 19 » сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой
_____ физики низкоразмерных структур
(название кафедры)


_____ Саранин А.А.
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)
« 19 » сентября 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы на поверхности раздела фаз

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Форма подготовки очная

курс 3 семестр 5

лекции 18 час.

практические занятия 28 час.

лабораторные работы _____ час.

в том числе с использованием МАО лек. _____ /пр. 18 _____ /лаб. _____ час.

всего часов аудиторной нагрузки 46 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 62 час.

в том числе на подготовку к экзамену 45 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет не предусмотрен

экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДФУ, утвержденного приказом ректора от 18.02.2016 № 12-13-235

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики низкоразмерных структур, протокол № 1 от « 19 » сентября 2018г.

Заведующий (ая) кафедрой чл.-корр. РАН, профессор Саранин А.А.

Составитель (ли): чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Зотов А.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

Bachelor's degree in 11.03.04 «Electronics and Nanoelectronics»

Study profile «Nanotechnologies in electronics»

Course title: Processes on an interface of phases. Variable part of Block, _3_ credits

Instructor: A.V. Zotov, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of School of Natural Sciences of Far Eastern Federal University;

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

CPC-2, the ability to reveal natural-science essence of the problems arising during professional activity, to attract the corresponding physical and mathematical device to their decision.

Learning outcomes:

GPC – 7, ability to take into account modern trends in the development of electronics, measuring and computing equipment, information technologies in their professional activities.

PC-9, ability to perform work on the technological preparation of the production of materials and electronic products

Course description:

The Contents of discipline covers the following issues related to the main determination and basis concepts of physics of a surface of semiconductor crystals and physics of interfaces of phases.

Main course literature:

1. Introduction to surface physics / K. Oura, V. G. Lifshits, A. A. Saranin [and others]; [resp. ed. V.I. Sergienko]; Russian Academy of Sciences, Far Eastern Branch, Institute of Automation and Control Processes. Moscow: Science, 2006. 490 p. B 24 538.9 EK NB DVFU: Access: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:248486&theme=FEFU>

2. Starostin V.V. Materials and methods of nanotechnology: a tutorial - Ed. "Binom. Knowledge Lab", 2012. - 431 p. Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8688
3. Tkalich V.L., Makeeva A.V., Oborina E.E. Physical principles of nanoelectronics: Tutorial. – S.-P.: SPbGU ITMO, 2011. – 83 p. Access: <http://window.edu.ru/resource/415/73415>
4. Barybin A.A. Physical and technological bases of macro-, micro- and nanoelectronics: a textbook for universities / A. A. Barybin, V. I. Tomilin, V. I. Shapovalov; under total ed. A. A. Barybin. - Moscow: Fizmat-lit, 2011. -783 - Access: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>
5. Nonlinear optics of silicon and silicon nanostructures / O. A. Aktsipetrov, I. M. Baranova, K. N. Evtyukhov. Moscow: Fizmatlit, 2012. 543 p. A 447 538.9 EK NB DVFU: Access: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:704478&theme=FEFU>

Form of final knowledge control: exam.

АННОТАЦИЯ

Учебная дисциплина «Процессы на поверхности раздела фаз» разработана для студентов 3 курса направления бакалавриата 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» наноэлектроника в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 ЗЕ (108 часов). Учебным планом предусмотрены лекции (18 часов), практические занятия (28 часов), самостоятельная работа студента (62 часа, в том числе 45 часов на подготовку к экзамену). Дисциплина «Процессы на поверхности раздела фаз» входит в блок дисциплин по выбору студентов вариативной части профессионального цикла, реализуется на 3 курсе, в 5 семестре.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением основных положений физики поверхности полупроводниковых кристаллов и физики поверхностей раздела фаз.

Цель – ознакомление студентов с основными определениями и базисными концепциями физики поверхности полупроводниковых кристаллов и физики поверхностей раздела фаз.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных положений физики поверхности полупроводников, представление об атомной структуре чистых поверхностях элементарных полупроводников, а также поверхностях с адсорбатами;
- овладение теоретическими основами взаимодействия различных видов излучения с поверхностью твердых тел, наночастицами, наноматериалами;
- овладение знаниями физических принципов и возможностей основных методов исследования поверхности и границ раздела.

Для успешного изучения дисциплины «Процессы на поверхности раздела фаз» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: ОПК-2 - способность выявлять естественнонаучную

сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

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

| Код и формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции | |
|--|--------------------------------|--|
| ОПК -7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | Знает | основные системные методы проведения исследований в области физики поверхности атомно-молекулярных структур |
| | Умеет | применять основные системные методы при проведении теоретических, экспериментальных и прикладных исследований в области физики поверхности атомно-молекулярных структур |
| | Владеет | методологией теоретических и экспериментальных исследований в области решаемых научных проблем |
| ПК-9, способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | Знает | основные понятия и термины, описывающие предметную область исследований по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники |
| | Умеет | составлять технологическую документацию для проведения отдельных операций и процессов сборки изделий; самостоятельно анализировать достоверность получаемых величин при измерениях, точность полученных измерений |
| | Владеет | навыками выполнения технологических операций по подготовке и проведению технологических процессов при производстве и использовании материалов и изделий электронной техники; технологией и инструментарием анализа графической и количественной информации, полученной в ходе эксперимента |

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Процессы на поверхности раздела фаз» применяется метод активного/ интерактивного обучения: дискуссия; экскурсии по действующим лабораториям соответствующего профиля для ознакомления с реально работающей аппаратурой; лабораторные работы с использованием методов компьютерного моделирования.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Тема 1. Основы двумерной кристаллографии (2 часа).

Решетка, базис и кристаллическая структура поверхности, двумерные решетки Браве, индексы Миллера плоскостей кристалла, низкоиндексные и высокоиндексные плоскости, индексы направлений, запись для описания структуры поверхности (запись Вуд и матричная запись), двумерная обратная решетка.

Тема 2. Методы анализа поверхности кристаллов (3 часов).

Дифракция медленных электронов (ДМЭ), построение Эвальда для ДМЭ, аппаратура ДМЭ, интерпретация картины ДМЭ, электронная оже-спектроскопия (ЭОС), физические принципы и аппаратура ЭОС, основы оже-анализа, Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ), физические принципы и аппаратура СТМ, основные режимы работы СТМ.

Тема 3. Атомная структура чистых поверхностей полупроводников (3 часа)

Релаксация и реконструкция, типы реконструкций, структура поверхности элементарных полупроводников: Si(100), Ge(100), Si(111), Ge(111), способы получения атомарно-чистых поверхностей полупроводников.

4. Структура поверхностей с адсорбатами (2 часа).

Физосорбция и хемосорбция, поверхностные фазы, состав поверхностных фаз, покрытие адсорбата, покрытие атомов подложки, экспериментальные методы определения состава, фазовая диаграмма, типы фазовых переходов, типичные примеры поверхностных фаз адсорбатов на кремнии.

5. Структурные дефекты поверхности (2 часа).

Общее рассмотрение, точечные дефекты, ступени, сингулярные и вицинальные поверхности, фасетки, адатомы, вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы.

6. Элементарные процессы на поверхности (2 часа).

Адсорбция, кинетика адсорбции, зависимость от покрытия, температуры, угла падения и кинетической энергии атомов адсорбата, термическая

десорбция, кинетика десорбции, десорбционная спектроскопия, нетермическая десорбция, поверхностная диффузия, основные уравнения, атомные механизмы поверхностной диффузии (прыжковый механизм, механизм атомного обмена, механизм туннелирования, вакансионный механизм), поверхностная диффузия кластеров, поверхностная диффузия и формирование фаз, экспериментальные методы изучения поверхностной диффузии.

7. Механизмы роста тонких пленок (2 часа).

Основные механизмы роста тонких пленок, механизм Франка – ван дер Мерве, механизм Вольмера – Вебера, механизм Странского – Крастанова, зарождение и рост островков, кинетические эффекты в гомоэпитаксии, эффекты механических напряжений в гетероэпитаксии, сверхвысоковакуумные методы роста тонких пленок, молекулярно-лучевая эпитаксия, твердофазная эпитаксия, химическая лучевая эпитаксия, рост пленок в присутствии сурфактантов.

8. Атомные манипуляции и рост наноструктур (2 часа).

Объекты нанометрового масштаба и пониженной размерности, атомные манипуляции с помощью СТМ (перемещение атомов вдоль поверхности, удаление атомов, осаждение атомов), формирование наноструктур с использованием механизмов самоорганизации, фуллерены, углеродные нанотрубки, графен.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Рабочей программой учебной дисциплины «Процессы на поверхности раздела фаз» предусмотрены 28 часов лабораторных работ.

Лабораторные работы (28 час.)

Лабораторная работа 1. Введение в физику наночастиц и поверхности твердых тел (2 час.)

Лабораторная работа 2. Растровый электронный микроскоп (2 час.)

Лабораторная работа 3. Зондовые методы исследования (2 час.)

Лабораторная работа 4. Атомно-силовой микроскоп (2 час.)

Лабораторная работа 5. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия (2 час.)

Лабораторная работа 6. Комбинированные зондовые методы исследования (2 час.)

Лабораторная работа 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел (2 час.)

Лабораторная работа 8. Оже-электронная спектроскопия (2 час.)

Лабораторная работа 9. Спектральные методы исследования (2 час.)

Лабораторная работа 10. Нелинейные оптические методы исследования (2 час.)

Лабораторная работа 11. Рентгеновские методы исследования (2 час.)

Лабораторная работа 12. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (2 час.)

Лабораторная работа 13. Спектральные методы исследования (4 час.)

II. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины | Коды и этапы формирования компетенций | | Оценочные средства | |
|-------|---|---------------------------------------|---------|----------------------|--------------------------|
| | | | | текущий контроль | промежуточная аттестация |
| 1 | Тема 1. Основы двумерной кристаллографии | ОПК- 7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 1-5 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 1 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 1 |
| 2 | Тема 2. Методы анализа поверхности кристаллов | ОПК- 7 ПК-9 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 6-11 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| 3 | Тема 3. Атомная структура чистых поверхностей полупроводников | ОПК- 7 ПК-9 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 12-14 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |
| 4 | Тема 4. Структура поверхностей с адсорбатами | ОПК- 7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 15-19 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 4 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 4 |
| 5 | Тема 5. Структурные дефекты поверхности | ОПК- 7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопрос 20 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 5 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 5 |
| 6 | Тема 6. Элементарные процессы на поверхности | ОПК- 7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 21-22 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 1 |

| | | | | | |
|---|---|----------------|---------|----------------------|-------------------------|
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 1 |
| 7 | Тема 7. Механизмы роста тонких пленок | ОПК- 7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 23-25 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| 8 | Тема 8. Атомные манипуляции и рост наноструктур | ОПК- 7 ПК-9 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 26-27 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |

Вопросы и типы заданий к зачету, 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.

IV. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Введение в физику поверхности / К. Оура, В. Г. Лифшиц, А. А. Саранин [и др.]; [отв. ред. В. И. Сергиенко] ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Институт автоматизации и процессов управления. Москва : Наука , 2006. 490 с. В 24 538.9 ЕК НВ DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:248486&theme=FEFU>

2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие – Изд. "Бином. Лаборатория знаний", 2012. - 431 стр. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8688

3. В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина «Физические основы нанoeлектроники: Учебное пособие» - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 83 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/415/73415>

4. Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники: учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов ; под общ. ред. А. А. Барыбина. - Москва : Физмат-лит, 2011. - 783 с. Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>

5. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур / О. А. Акципетров, И. М. Баранова, К. Н. Евтюхов. Москва : Физматлит, 2012. 543 с. А 447 538.9 ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:704478&theme=FEFU>

Дополнительная литература (печатные и электронные издания)

1. Витязь П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.А. Витязь, Н.А. Свидуневич. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2010. — 302 с. — 978-985-06-1783-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20108.html>

2. Малышев К.В. Наноматериалы для радиоэлектронных средств. Подготовка сканирующего туннельного микроскопа к диагностике и модификации наноматериалов [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам по курсу «Наноматериалы для радиоэлектронных средств» / К.В. Малышев, Е.А. Скороходов, В.М. Башков. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 44 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31463.html>

3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия твердых тел : теория и практика : учебное пособие / И. С. Осьмушко, В. И. Вовна, В. В. Короченцев ;

Дальневосточный федеральный университет. Владивосток : 2010. 42 с. О-798
539.1(075.8) ДВФУ ЕК NB DVFU:
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:301195&theme=FEFU>

4. Современные методы исследования поверхности / Д. Вудраф, Т. Дел-
чар ; пер. с англ. Е. Ф. Шека. Москва : Мир , 1989. 568 с. В 881 535 В 881 535
ЕК NB DVFU: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:27376&theme=FEFU>

5. Анализ поверхности методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной
спектроскопии / под ред. Д. Бриггса, М. П. Сиха ; пер. с англ. : [А. М. Гофман и
др.]. Москва : Мир , 1987. 598 с. А 64 535 ЕК NB DVFU:
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:114965&theme=FEFU>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Ин- тернет»

1. Производитель атомно-силовых микроскопов и их различных модифи-
каций:
<http://www.ntmdt.ru/>
2. Справочные данные по оже-электронной спектроскопии:
<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.

V. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного
семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей

программы учебной дисциплины (РПУД). Обратите внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-графиком.

Использование материалов учебно-методического комплекса

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД): рабочей программы, лекционного курса, материалов практических занятий, методических рекомендаций по организации самостоятельной работы студентов, глоссария, перечня учебной литературы и других источников информации, контрольно-измерительных материалов (тесты, опросы, вопросы зачета), а также дополнительных материалов.

Рекомендации по подготовке к лекционным и практическим занятиям

Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний.

При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники. В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений

самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

При подготовке к текущему контролю использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

При подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

На самостоятельную работу выносятся подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям необходимо ознакомиться с материалами из основной и дополнительной литературы, выучить основной теоретический материал по теме, при необходимости, воспользоваться литературой на русском языке и/или источниками в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет".

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для демонстрации основных лекционных материалов в процессе обучения студентов используется мультимедийный проектор, подключенный к ноутбуку, расположенному в аудитории. Для некоторых лекций требуется демонстрация роликов с сайтов производителей оборудования, для чего осуществляется подключение к сети интернет.

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)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз»
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Форма подготовки очная

**Владивосток
2018**

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 популярной литературой по наноматериалам | 3 час. | Контрольные вопросы |
| 2 | 3-4 недели семестра | Ознакомление с популярной литературой по зондовым методам | 2 час. | Контрольные вопросы |
| 3 | 5-6 недели семестра | Ознакомление с популярной литературой по сканирующей спектроскопии | 2 час. | Контрольные вопросы |
| 4 | 7-8 недели семестра | Подготовка отчета по практической работе | 2 час. | Защита отчета |
| 5 | 9-10 недели семестра | Ознакомление с популярной литературой по оптической спектроскопии | 2 час. | Контрольные вопросы |
| 6 | 11-12 недели семестра | Подготовка краткого отчета по обзору рентгеновских методов исследования | 2 час. | Защита отчета |
| 7 | 13-14 недели семестра | Ознакомление с дополнительными материалами исследований по фотоэлектронной спектроскопии | 2 час. | Контрольные вопросы |
| 8 | 15-16 недели семестра | Ознакомление с популярной литературой по дополнительным методам исследований наноматериалов | 2 час. | Контрольные вопросы |
| 9 | Подготовка к экзамену | | 45 час. | |
| Итого | | | 62 час. | |

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов состоит из подготовки к практическим занятиям, работы над рекомендованной литературой, написания доклада по теме семинарского занятия, подготовки презентаций,

Методические указания к выполнению доклада

Цели и задачи доклада

Доклад представляет собой краткое изложение проблемы практического или теоретического характера с формулировкой определенных выводов по рассматриваемой теме. Избранная студентом проблема изучается и анализируется на основе одного или нескольких источников. В отличие от

курсовой работы, представляющей собой комплексное исследование проблемы, реферат направлен на анализ одной или нескольких научных работ.

Целями написания доклада являются:

- развитие у студентов навыков поиска актуальных проблем в области исследования наноструктур;
- развитие навыков краткого изложения материала с выделением лишь самых существенных моментов, необходимых для раскрытия сути проблемы;
- развитие навыков анализа изученного материала и формулирования собственных выводов по выбранному вопросу в письменной форме, научным, грамотным языком.

Задачами написания доклада являются:

- научить студента максимально верно передать мнения авторов, на основе работ которых студент пишет свой доклад;
- научить студента грамотно излагать свою позицию по анализируемой в докладе проблеме;
- подготовить студента к дальнейшему участию в научно – практических конференциях, семинарах и конкурсах;
- уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с мнением того или иного автора по данной проблеме.

Основные требования к содержанию доклада

Студент должен использовать только те материалы (научные статьи, монографии, пособия), которые имеют прямое отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с анализируемой проблемой. Содержание доклада должно быть конкретным, исследоваться должна только одна проблема (допускается несколько, только если они взаимосвязаны). Студенту необходимо строго придерживаться логики изложения (начать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы). Реферат доклад заканчиваться выведением выводов по теме.

По своей *структуре* доклад состоит из:

1. Титульного листа (Названия);
2. Введения, где студент формулирует проблему, подлежащую анализу и исследованию;
3. Основного текста, в котором последовательно раскрывается избранная тема. Основной текст доклада предполагает разделение на 2-3 параграфа без выделения глав. При необходимости текст доклада может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст;
4. Заключения, где студент формулирует выводы, сделанные на основе основного текста.
5. Списка использованной литературы. В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке доклада, так и иные, которые были изучены им при подготовке доклада.

Объем доклада составляет 10-15 страниц машинописного текста, но в любом случае не должен превышать 15 страниц. Интервал – 1,5, размер шрифта – 14, поля: левое — 3 см, правое — 1,5 см, верхнее и нижнее — 1,5 см.. Страницы должны быть пронумерованы. Абзацный отступ от начала строки равен 1,25 см.

Темы докладов

- Тема 1. Наночастицы, наноматериалы, тонкие пленки а поверхности твердых тел.
- Тема 2. Взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел. Электронный микроскоп.
- Тема 3. Общие принципы работы зондовых методов исследования тонких пленок и наноматериалов.
- Тема 4. Атомно-силовой микроскоп.
- Тема 5. Сканирующий туннельный микроскоп.
- Тема 6. Комбинированные зондовые микроскопы.

Тема 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел. Дифракция медленных электронов.

Тема 8. Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.

Тема 9. Взаимодействие света с веществом. Спектроскопия на отражение. Рамановская спектроскопия.

Тема 10. Нелинейные оптические эффекты на поверхности твердых тел, в тонких пленках и наноматериалах.

Тема 11. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, дифракция, спектроскопия.

Тема 12. Явление фотоэффекта, методы исследования поверхности вещества на основе этого эффекта. Фотоэлектронная спектроскопия. РФЭС и УФЭС.

Тема 13. Спектральные методы исследования вещества квантами различной энергии. Эффект Мессбауера. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

Методические рекомендации для подготовки презентаций

Выбор темы презентации студент осуществляет самостоятельно.

Общие требования к презентации:

- презентация не должна быть меньше 10 слайдов;
- первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название доклада; фамилия, имя, отчество автора;
- следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) презентации; желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание;
- дизайн-эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет текста;
- последними слайдами презентации должны быть глоссарий и список литературы.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

| Оценка | 50-60 баллов (неуд.) | 61-75 баллов (удовл.) | 76-85 баллов (хорошо) | 86-100 баллов (отлично) |
|---|-----------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Критерии | Содержание критериев | | | |
| Представление | Проблема не раскрыта | Проблема раскрыта не полностью | Проблема раскрыта, но не все выводы обоснованы | Проблема раскрыта, проведен анализ, все выводы обоснованы |
| Оформление | Больше 4 ошибок | 3- 4 ошибки | Не более 2 ошибок | Ошибки отсутствуют |
| Ответы на дополнительные вопросы | Нет ответов на вопросы | Только ответы на элементарные вопросы | Ответы на вопросы полные и/или частично полные | Ответы на вопросы полные с приведением пояснений |



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

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Процессы на поверхности раздела фаз»
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Форма подготовки очная

Владивосток
2018

Паспорт ФОС

| Код и формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции | |
|--|--------------------------------|--|
| ОПК -7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | Знает | основные системные методы проведения исследований в области физики поверхности атомно-молекулярных структур |
| | Умеет | применять основные системные методы при проведении теоретических, экспериментальных и прикладных исследований в области физики поверхности атомно-молекулярных структур |
| | Владеет | методологией теоретических и экспериментальных исследований в области решаемых научных проблем |
| ПК-9, способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | Знает | основные понятия и термины, описывающие предметную область исследований по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники |
| | Умеет | составлять технологическую документацию для проведения отдельных операций и процессов сборки изделий; самостоятельно анализировать достоверность получаемых величин при измерениях, точность полученных измерений |
| | Владеет | навыками выполнения технологических операций по подготовке и проведению технологических процессов при производстве и использовании материалов и изделий электронной техники; технологией и инструментарием анализа графической и количественной информации, полученной в ходе эксперимента |

| № п/п | Контролируемые разделы / темы дисциплины | Коды и этапы формирования компетенций | | Оценочные средства | |
|-------|--|---------------------------------------|-------|----------------------|--------------------------|
| | | | | текущий контроль | промежуточная аттестация |
| 1 | Тема 1. Основы двумерной кристаллографии | ОПК- 7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 1-5 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, |

| | | | | | |
|---|---|-------------|---------|----------------------|-------------------------|
| | | | | | тип 1 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 1 |
| 2 | Тема 2. Методы анализа поверхности кристаллов | ОПК-7, ПК-9 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 6-11 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| 3 | Тема 3. Атомная структура чистых поверхностей полупроводников | ОПК-7, ПК-9 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 12-14 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |
| 4 | Тема 4. Структура поверхностей с адсорбатами | ОПК-7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 15-19 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 4 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 4 |
| 5 | Тема 5. Структурные дефекты поверхности | ОПК-7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопрос 20 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 5 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 5 |
| 6 | Тема 6. Элементарные процессы на поверхности | ОПК-7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 21-22 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 1 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 1 |
| 7 | Тема 7. Механизмы роста тонких пленок | ОПК-7 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 23-25 |

| | | | | | |
|---|---|-------------|---------|----------------------|-------------------------|
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 2 |
| 8 | Тема 8. Атомные манипуляции и рост наноструктур | ОПК-7, ПК-9 | знает | Практическое занятие | экзамен, вопросы 26-27 |
| | | | умеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |
| | | | владеет | Практическое занятие | экзамен, задание, тип 3 |

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

| Код и формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции | | критерии | показатели | баллы |
|--|--------------------------------|---|---|---|--------|
| ОПК-7, способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | знает (пороговый уровень) | основные системные методы проведения исследований в области физики поверхности атомно-молекулярных структур | воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты | способность показать базовые знания в современных методах исследования в области физики поверхности, показать область применимости тех или иных методов исследований | 60-74 |
| | умеет (продвинутый) | применять основные системные методы при проведении теоретических, экспериментальных и прикладных исследований в области физики поверхности атомно-молекулярных структур | выполнять типичные задачи по моделированию процессов исследовательских приборах | способность применить знания и практические умения в задачах, связанных с выбором и обоснованием использования конкретного метода исследования для определенного класса нанобъектов | 75-89 |
| | владеет (высокий) | методологией теоретических и экспериментальных исследований | решать усложненные задачи в нетипичных | способность применить фактическое и теоретическое знание, | 90-100 |

| | | | | | |
|--|---------------------------|---|--|---|--------|
| | | в области решаемых научных проблем | ситуациях на основе приобретенных знаний, умений и навыков | практические умения по выбранному методу исследования нанобъекта, показать основные свойства исследуемых объектов и надежность полученных результатов | |
| ПК-9, способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | знает (пороговый уровень) | основные понятия и термины, описывающие предметную область исследований по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | воспроизводить и объяснять учебный материал с требуемой степенью научной точности и полноты | способность показывать базовые знания и основные умения в области технологической подготовки производства материалов и изделий электронной техники | 60-74 |
| | умеет (продвинутый) | составлять технологическую документацию для проведения отдельных операций и процессов сборки изделий; самостоятельно анализировать достоверность получаемых величин при измерениях, точность полученных измерений | выполнять типичные задачи на основе воспроизведения стандартных процедур проведения экспериментов | способность применить знания и практические умения в задачах, связанных с составлением технологической документации для проведения отдельных операций и процессов сборки изделий | 75-89 |
| | владеет (высокий) | навыками выполнения технологических операций по подготовке и проведению технологических процессов при производстве и использовании материалов и изделий электронной техники; технологией и инструментарием анализа графической и количественной | самостоятельно анализировать полученные результаты, строить координатный рисунок достоверности результатов | способность применить фактическое и теоретическое знание, практические умения по выполнению технологических операций по подготовке и проведению технологических процессов при производстве и использовании материалов и изделий электронной техники | 90-100 |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | информации, полученной в ходе эксперимента | | | |
|--|--|--|--|--|--|

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

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

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине "Процессы на поверхности раздела фаз"

| Баллы(рейтинговой оценки) | Оценка зачета(стандартная) | Требования к сформированным компетенциям |
|---------------------------|--------------------------------|--|
| 86 -100 | «зачтено»/ «отлично» | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. |
| 76 - 85 | «зачтено»/ «хорошо» | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. |
| 61 -75 | «зачтено»/ «удовлетворительно» | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. |

| | | |
|-------|---|---|
| 0 -60 | «не зачтено»/ «не удовлетворительно» | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
|-------|---|---|

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену:

1. Кристаллическая решетка, базис, структура, элементарная и примитивные ячейки, ячейка Вигнера-Зейтца.
2. Двумерные решетки Браве.
3. Индексы Миллера плоскостей кристаллов: определение, примеры низкоиндексных и высокоиндексных плоскостей.
4. Запись для описания структуры поверхности: матричная запись и запись Вуд.
5. Двумерная обратная решетка.
6. Дифракция медленных электронов: физические принципы и аппаратура.
7. Построение Эвальда для дифракции медленных электронов.
8. Интерпретация картин дифракции медленных электронов.
9. Электронная спектроскопия для анализа химического состава поверхности.
10. Сканирующая туннельная микроскопия.
11. Атомно-силовая микроскопия.
12. Атомная структура чистых поверхностей: релаксация и реконструкция.
13. Структура атомарно-чистой поверхности Si(111).
14. Структура атомарно-чистых поверхностей Si(100) и Ge(100).
15. Поверхности с адсорбатами: физическая и химическая адсорбция.

16. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат/подложка.
17. Состав поверхностных фаз: покрытие адсорбата, покрытие атомов подложки, экспериментальные методы определения состава.
18. Фазовые диаграммы.
19. Типы фазовых переходов в субмонослойных системах адсорбатов.
20. Структурные дефекты поверхности: типы дефектов, реальные примеры (адатомы, вакансии, дефекты замещения, дислокации, доменные границы, ступени).
21. Процессы адсорбции и десорбции на поверхности.
22. Поверхностная диффузия: основные атомные механизмы, экспериментальные методы изучения диффузии.
23. Основные механизмы роста тонких пленок.
24. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии.
25. Методы роста тонких пленок в вакууме.
26. Атомные манипуляции на поверхности с помощью сканирующего туннельного микроскопа.
27. Рост наноструктур на поверхности с использованием механизмов самоорганизации.

Оценочные средства для текущей аттестации

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

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется преподавателем.

Вопросы для самопроверки

1. Дать определение решетки, базиса и кристаллической структуры.

2. Перечислить двумерные решетки Браве.
3. Как определяются индексы Миллера плоскости кристалла?
4. Показать на кубическом кристалле плоскости с индексами (100), (110), (112).
5. Являются ли эквивалентными плоскости (133)б (33-1) и (113) простого кубического кристалла?
6. Каков тип двумерной решетки Браве у плоскости (111) гранецентрированного кубического кристалла? Какой период имеет эта решетка?
7. Какие виды записи используют для для высокоиндексных ступенчатых поверхностей?
8. Какие виды записи существуют для описания суперрешетки поверхности?
9. Дать определение матричной записи.
10. Что такое ячейка Вигнер-Зейтца?
11. Как определяются вектора трансляций обратной решетки?
12. Какой тип обратных решеток у двумерных решеток Браве?
13. Как в матричном виде можно описать квадратную суперрешетку $c(2 \times 2)$?
14. Каковы свойства векторов трансляций обратной решетки?
15. Почему дифракция медленных электронов (ДМЭ) является методом анализа структуры поверхности?
16. Какова энергия электронов, используемых в ДМЭ?
17. Что представляет собой аппаратура ДМЭ?
18. Как выполняется построение Эвальда для ДМЭ?
19. Каков радиус сферы Эвальда?
20. Как изменится картина на экране ДМЭ при изменении (например, увеличении) энергии электронов?
21. Какая информация о структуре поверхности может быть извлечена из анализа картины ДМЭ?

22. О чем свидетельствует уширение рефлексов картины ДМЭ?
23. Каковы принципы, лежащие в основе метода электронной спектроскопии (ЭОС)?
24. На чем основан элементный анализ с помощью метода ЭОС?
25. Какое экспериментальное оборудование используется в ЭОС?
26. На каком принципе базируется метод сканирующей туннельной микроскопии (СТМ)?
27. Каково пространственное разрешение СТМ?
28. Какие режимы работы СТМ Вы знаете?
29. Что такое сканирующая туннельная спектроскопия?
30. В чем различие релаксации и реконструкции поверхности?
31. Что такое консервативная и неконсервативная реконструкции?
32. Какие реконструкции может иметь атомарно-чистая поверхность Si(111)? Какие из них стабильные, а какие метастабильные?
33. Каковы основные элементы DAS-структуры поверхности Si(111)7x7?
34. Сколько адатомов, димеров, рест-атомов и ненасыщенных связей содержит поверхность Si(111)7x7?
35. Сколько адатомов, димеров, рест-атомов и ненасыщенных связей содержит поверхности Si(111)5x5 и Si(111)9x9?
36. Как устроены поверхности Si(100)2x1 и Si(100)c(4x2)?
37. Что такое физосорбция и хемосорбция?
38. Какими величинами характеризуется состав поверхностных фаз?
39. Что такое покрытие и как определяется один монослой?
40. Как экспериментально можно определить покрытие атомов адсорбата в поверхностной фазе?
41. Как строится фазовая диаграмма?
42. Какие типы фазовых переходов Вы знаете?
43. Приведите примеры точечных и линейных дефектов на поверхности?

44. Что такое коэффициент прилипания и от чего он зависит?
45. Что можно узнать с помощью десорбционной спектроскопии?
46. Какие механизмы атомной диффузии на поверхности Вы знаете?
47. Каковы три основных механизма роста тонких пленок?
48. Как сурфактанты влияют на рост тонких пленок?
49. Какие виды атомных манипуляций на поверхности могут быть произведены с помощью СТМ?
50. Приведите примеры формирования наноструктур на поверхности с использованием механизмов самоорганизации.

Типовые задания к практическим и самостоятельным работам

1. Рассказать об основном физическом эффекте, лежащем в основе работы прибора или исследовательского метода.
2. Показать область применимости данного метода исследования и основные свойства вещества, анализируемые данным методом.
3. Выбрать входные и выходные параметры, диапазоны принимаемых значений и определить основные возможности измерений прибора.
4. Построить схему аппаратной функции прибора или принципиальную блок-схему.
5. Определить методы контроля точности прибора и диапазон измеряемых величин.