ИНСТИТУТ МАГИСТРАТУРЫ

КАФЕДРА ЛАЗЕРНЫХ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено на заседании кафедры  
  
протокол №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

от «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | 14.04.02 Ядерные физика и технологии |
| Профиль подготовки (при его наличии) |  |
| Наименование образовательной программы (специализация) | Фемтосекундная лазерная физика и технологии |
| Квалификация (степень) выпускника | Магистр |
| Форма обучения | очная |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Интерактив** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | **Лаборат. работы, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 4 |  | 2 | 72 | 6 | 42 | 0 | 24 | 0 | З |
| ИТОГО | 42 | 2 | 72 | 6 | 42 | 0 | 24 | 0 |  |

Группа: М04-87

Аннотация

Целью освоения учебной дисциплины «Плазмохимический синтез материалов и тонкопленочных структур» является формирование у студентов знаний о физических процессах при осаждении пленок из плазмы (с фокусом на углеродные материалы), принципах методов анализа пленок, методах их обработки и структурирования, а также представлений об областях применений плазмохимических технологии и получаемых материалов.

1. Цели освоения учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Плазмохимический синтез материалов и тонкопленочных структур» является формирование у студентов знаний о физических процессах при осаждении пленок из плазмы (с фокусом на углеродные материалы), принципах методов анализа пленок, методах их обработки и структурирования, а также представлений об областях применений плазмохимических технологии и получаемых материалов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Содержание программы «Плазмохимический синтез материалов и тонкопленочных структур» имеет междисциплинарный характер и затрагивает такие области знания как физика газового разряда, физика твердого тела, лазерная физика, оптическая спектроскопия, и нанотехнологии. Освоение данной программы имеет, как самостоятельное значение, так и может быть использовано для усвоения специальных курсов по физике полупроводниковых детекторов ионизирующего излучения, лазерной физики, лазерной микрообработке материалов. Изучение дисциплины позволит выработать навыки постановки и решения исследовательских проблем, развить творческое мышление.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-15 ПСК-4 ПСК-7 ПСК-8 ПСК-9

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

З1. Основные методы осаждения тонких пленок.

З2. Типы плазмохимических реакторов

З3. Аллотропные формы углерода

З4. Осаждение углеродных пленок в СВЧ плазме

З5. Структура алмазных пленок

З6. Физические свойства алмазных пленок

З7. Спектроскопия комбинационного рассеяния света (КР)

З8. Спектроскопия фотолюминесценции (ФЛ)

З9. Методы измерение теплопроводности

З10. Обработка алмазных пленок и создание микроструктур

З11. Лазерная обработка

З12. Лазеры на вынужденном рассеяния света (ВКР) в алмазе

З13. Детекторы ионизирующего излучения (ИИ) на алмазе

З14. Алмазные теплоотводы в приборах СВЧ электроники и лазерах

Уметь:

У1. Выбирать оптимальный метод синтеза пленок из газовой фазы

У2. Различать аллотропные формы углерода, знать основные их свойства

У3. Интерпретировать спектры комбинационного рассеяния света углеродных материалов

Владеть:

В1. Основными принципами методов осаждения пленок из газовой фазы

В2. Основными физическими принципами различных методов анализа углеродных пленок

В3. Основными физическими принципами методов обработки алмазных материалов

4. Структура и содержание учебной дисциплины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Недели** | **Лекции, час.** | **Практ. занятия/ семинары, час.** | **Лабораторные работы, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Аттестация раздела (форма\*, неделя)** | **Максимальный балл за раздел\*\*** |
|  | *4 семестр* |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Методы осаждения углеродных пленок в СВЧ плазме | 1-5 | 2 | 13 |  | Т-5 | КИ, 5 | 14 |
| 2 | Методы анализа углеродных пленок | 6-13 | 2 | 22 |  | Т-13 | КИ, 13 | 18 |
| 3 | Методы обработки и применения алмазных пленок | 14-15 | 2 | 7 |  | Т-15 | КИ, 15 | 18 |
|  | *Итого за 4 семестр* |  | 6 | 42 | 0 |  |  | 50 |
|  | **Контрольные мероприятия после 4 семестра** |  |  |  |  |  | З | 50 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

КИ Контроль по итогам

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *4 семестр* | 6 | 42 | 0 |
| 1 | **Методы осаждения тонких пленок** Ионно-плазменные. Лазерное напыление. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Плазмохимическое осаждение (CVD метод). Типы плазмохимических реакторов. | 1 |  |  |
| 1 - 5 | **Осаждение углеродных пленок в СВЧ плазме** Аллотропные формы углерода: нанотрубки графен, алмаз. Пленки аморфного алмазо-подобного углерода. Структурные разновидности CVD алмаза: нано-, микро- и монокристаллические пленки Проблемы зародышеобразования. Подготовка подложек. Управление процессом синтеза. Контроль процесса осаждения in situ. Легирование из газовой фазы. Синтез наночастиц. | 1 | 13 |  |
| 6 - 8 | **Структура и свойства алмазных пленок** Текстура, размеры и форма кристаллитов. Дефекты. Центры окраски. Напряжения в пленках. Оптические, электрофизические, механические свойства | 1 | 8 |  |
| 9 - 13 | **Методы диагностики углеродных пленок** Спектроскопия комбинационного рассеяния света. Спектроскопия фотолюминесценции. Электронная микроскопия. Измерение теплопроводности. Оптическая спектрофотометрия. | 1 | 14 |  |
| 14 - 15 | **Обработка алмазных пленок и создание микроструктур** Механическая обработка. Ионное травление. Лазерная абляция. Химическое травление. Каталитическое травление металлами. | 1 | 7 |  |
| 15 | **Применения углеродных пленок** Пассивная электроника: теплоотводящие подложки. СВЧ электроника. Мультиспектральная оптика: лазеры, гиротроны Детекторы ионизирующего излучения. Квантовая информатика на центрах окраски в алмазе. ВКР лазеры. | 1 |  |  |

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

|  |  |
| --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** |
|  | *4 семестр* |
| 1 - 3 | **Подготовка подложек для осаждения поликристаллических алмазных пленок в СВЧ плазме.** Подготовка суспензий порошков наноалмаза, обработка кремниевых подложек в ультразвуковой ванне для создания центров кристаллизации алмаза. |
| 3 - 5 | **Исследование СВЧ плазмы в процессе осаждения алмазных пленок по спектрам оптической эмиссии** Измерение и интерпретация спектров оптической эмиссии из СВЧ плазмы в смесях метан-водород в процессе синтеза алмаза |
| 6 - 8 | **Структурные исследования алмазных пленок.** Измерение напряжений в алмазных пленках на основе спектров комбинационного рассеяния света. |
| 9 - 10 | **Анализ углеродных пленок методом спектроскопии комбинационного рассеяния света** Регистрация и анализ спектров КР пленок различных углеродных аллотропов. |
| 11 - 12 | **Исследование центров окраски в легированных пленках методом спектроскопии фотолюминесценции** Определение оптически активных дефектов в алмазных пленках, легированных азотом и кремнием, методом конфокальной спектроскопии фотолюминесценции. |
| 12 - 13 | **Измерение теплопроводности пленок бесконтактными методами.** Определение теплопроводности свободных пленок (фольг) при комнатной температуре лазерным флэш-методом. |
| 14 - 15 | **Механическая обработка поверхности синтезированных алмазных пленок и кристаллов.** Работа на ограночном станке, методика полировки пленок и монокристаллов, оценка качества обработанной поверхности |

5. Образовательные технологии

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и практические занятия, позволяющие закрепить знания, полученные на лекциях, и приобрести опыт практической деятельности. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашних заданий, повторении ранее пройденного материала и подготовке к контрольным мероприятиям.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ФОНДУ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ В РАМКАХ РЕАЛИЗУЕМОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Курс "Плазмохимический синтез тонкопленочных структур" рассчитан на один семестр, преподается в 4-м семестре магистратуры и разделен на три раздела:

1. Методы осаждения углеродных пленок в СВЧ плазме

2. Методы анализа углеродных пленок

3. Методы обработки и применения алмазных пленок

По завершении каждого раздела студентам будет предложено пройти Обязательный Текущий Контроль (ОТК), проводимый в виде теста.

По результатам ответов на вопросы теста студентам начисляются баллы.

Максимальное количество баллов, которые возможно набрать по окончанию первого, второго и третьего разделов - 14, 18 и 28 соответственно.

Тестовые задания приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Плазмохимический синтез тонкопленочных структур»

На решение тестовых заданий студенту отводится 10 минут.

Если студент не набирает 50% баллов по результатам теста, то задание считается незасчитанным и у студента образуется долг, который должен быть закрыт в течение семестра или на зачетной неделе.

Таким образом, к зачету студент может максимально набрать 50 баллов.

Зачет проводится в виде ответов на вопросы к зачету. Максимальное время подготовки ответа - 1 час.

Вопросы к зачету приведены в Фонде Оценочных Средств по данной дисциплине, являющимся неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Плазмохимический синтез тонкопленочных структур»

По результатам зачета студент может получить максимально 50 баллов.

Баллы, полученные за зачет суммируются с баллами, полученными по результатам Обязательного Текущего Контроля.

Итого, максимальное количество баллов, которые может получить студент по данной дисциплине составляет 100.

Итоговая оценка промежуточного контроля по дисциплине определяется на основании набранных баллов по следующей таблице:

Зачет: 60-100 баллов

Незачет: менее 60 баллов

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р25 Методы получения эпитаксиальных гетерокомпозиций : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

2. 621.38 Р25 Методы получения эпитаксиальных гетерокомпозиций : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

3. 620 Я89 Физика СВЧ вакуумно-плазменных нанотехнологий : , Р. К. Яфаров, Москва: Физматлит, 2009

4. ЭИ А72 Технология тонких пленок : учебное пособие для вузов, С. В. Антоненко, Москва: МИФИ, 2008

5. 539.2 А72 Технология тонких пленок : учебное пособие для вузов, С. В. Антоненко, Москва: МИФИ, 2008

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

в) ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

Специальное программное обеспечение не требуется

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ по направлению подготовки (специальности) 14.04.02 Ядерные физика и технологии.

Авторы:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Ральченко Виктор Григорьевич к.ф.-м.н. | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись) |

Рецензент(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись) |