

**Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
Инженерно-физический факультет высоких технологий**

Махмуд-Ахунов М.Ю.

**Методические указания
для самостоятельной работы студентов
по дисциплине «Высоковакуумные
технологические процессы
в нанотехнологии»**

для студентов бакалавриата всех форм обучения

Ульяновск 2019 г.

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Высоковакуумные технологические процессы в нанотехнологии» / составитель: М.Ю. Махмуд-Ахунов. – Ульяновск: УлГУ, 2019.

Настоящие методические указания предназначены для студентов бакалавриата. В указаниях приведены литература по дисциплине, контрольные вопросы для самоконтроля, задания для самостоятельной работы и примерные темы рефератов.

Студентам заочной и очно-заочной формы обучения следует использовать данные методические указания при самостоятельном изучении дисциплины.

Рекомендованы к введению в образовательный процесс Ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ (протокол № 11 от 18 июня 2019 г).

Содержание

Литература для изучения дисциплины	4
Методические указания.....	5
Основные темы курса.....	5
Контрольные вопросы.....	7
Задания.....	8
Примерные темы рефератов	9

Литература для изучения дисциплины

1. Попов А.Н. Вакуумная техника: Учебное пособие / А.Н. Попов. - М.: НИЦ ИнфраМ; Мн.: Нов. знание, 2012. - 167 с.: ил.; 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006031-6. <http://znanium.com/bookread2.php?book=31736>.
2. Физические основы вакуумной техники/Беркин А.Б., Василевский А.И. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 84 с.: <http://znanium.com/bookread2.php?book=546221>.
3. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч. 1. Инженерно-физические основы [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.Х. Хабляян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров. - Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788214474.html>.
4. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроение, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756628.html>.
5. Вакуумная техника [Электронный ресурс]: справочник /К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2009. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942754365.html>.
6. Васильев, В. Ю. Технология тонких пленок для микро- и нанoeлектроники : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 107 с. — ISBN 978-5-7782-3915-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/98748.html>
7. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 336 с. — ISBN 078-5-93808-346-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97818.html>
8. Наноструктурные материалы : учебное пособие / под редакцией Р. Ханнинк. — Москва : Техносфера, 2009. — 488 с. — ISBN 978-5-94836-221-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/12730.html>
9. Методические указания по выполнению лабораторных работ по технологии наноматериалов для студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры всех форм обучения / М. Ю. Махмуд-Ахунов, А. А. Соловьев, В. В. Рыбин, Т. М. Василевская; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019.

Методические указания

Основные темы курса

Тема 1.

Введение. Основные термины и определения.

Требования, предъявляемые к вакуумным покрытиям. Современное состояние рынка оборудования систем создания и поддержания вакуума. Направления развития компаний-участников рынка вакуумного оборудования. Развитие требований потребителей к вакуумному оборудованию.

Тема 2.

Теоретические основы вакуумной техники.

Понятие вакуума Основные термины, применяемые в вакуумной технике, Откачка. Время откачки. Предельное остаточное давление. Вакуумная система и ее элементы. Оборудование для получения и поддержания вакуума. Средства для измерения и контроля ввакуума. Пути технологического развития вакуумного оборудования.

Тема 3.

Свойства вакуума.

Степень разрежения. Диапазон допустимых величин разрежения. Быстрота откачки. Типовые схемы вакуумных установок. Сравнение технических параметров вакуумных наносов.

Тема 4.

Высоковакуумные методы нанесения покрытий.

Методы физического осаждения из паровой фазы. Типичная схема высоковакуумных установок и ТП для нанесения покрытия. Основные принципиальные схемы катодного распыления. Схема магнетронного распыления. Ионная имплантация. Лазерная группа методов. Технологии, основанные на химических процессах.

Тема 5.

Теоретические основы технологии нанесения вакуумных покрытий методом магнетронного распыления с использованием несбалансированных магнетронов.

Структура и состав покрытий, получаемых по данной схеме. Операции технологического процесса, полный технологический цикл нанесения покрытий Параметры технологического процесса, определяющие и контролирующие параметры. Параметры основных операций технологического цикла нанесения покрытий.

Тема 6.

Инструментальные методы исследования свойств покрытий.

Методы инструментального измерения свойств покрытий (скратч-тестирование, калотстирование, микро- и наноиндентирование, измерение микротвердости, трибометрирование).

Тема 7

Выбор параметров процесса нанесения металлического покрытия ("металлический режим").

Основные параметры и режимы, особенности схем и оснастки.

Тема 8.

Разработка вакуумных ТП получения покрытий.

Принципы построения ТП высоковакуумных покрытий, основные технологические операции и возможные проблемы.

Тема 9.

Выбор параметров процесса нанесения реактивного покрытия ("реактивный режим"). Основные параметры и режимы, особенности схем и оснастки.

Контрольные вопросы

1. Классификация вакуумных покрытий.
2. Классификация технологий получения вакуумных покрытий и пленок.
3. Обзор установок для получения вакуумных покрытий.
4. Устройства высоковакуумных установок.
5. Особенности схемы вакуумного напыления наноструктурных покрытий.
6. Модели технологических процессов нанесения вакуумных покрытий.
7. Физические основы процесса вакуумного нанесения покрытий: скорость термического испарения в вакууме, энергетический спектр испаренных атомов, их угловое распределение.
8. Физические основы процесса вакуумного нанесения покрытий: расчет скорости осаждения при баллистическом и диффузионном транспорте вещества от источника к подложке, способы нагрева загрузки и конструкции испарителей, испарение сплавов и соединений.
9. Физика магнетронного распыления: электроны в скрещенных электрическом и магнитном полях.
10. Методы измерения и исследования физико-механических и трибологических свойств вакуумных покрытий.
11. Технологические процессы (ТП) покрытий в вакууме.
12. Оптимизация ТП нанесения вакуумных покрытий.

Задания

1. Вакуумная техника.
2. Основные технологические процессы работы в вакууме.
3. Устройство вакуумных установок
4. Ионно-плазменные технологии для машиностроения.
5. Особенности установки вакуумного напыления.
6. Осаждение тонких пленок материалов на поверхность подложки.
7. Особенности высоковакуумной техники.

Примерные темы рефератов

1. Классификация приборов для измерения вакуума. Жидкостные манометры.
2. Измерение высокого вакуума. Ионизационные манометры.
3. Высокоточные технологические процессы.
4. Состав вакуумных установок.
5. Измерение парциальных давлений. Основные параметры масс-спектрометров. Принцип действия магнитного масс-спектрометра.
6. Масс-спектрометры нестационарного типа. Основные отличительные особенности времяпролетного, радиочастотного и квадрупольного масс-спектрометров. Градуировка масс-спектрометров.
7. Течеискание. Требования к герметичности вакуумных систем. Методы течеискания.
8. Пробные вещества для течеискания и критерии их выбора.
9. Конструктивные элементы вакуумных систем. Общие сведения, разъемные и неразъемные соединения.
10. Коммутационная вакуумная аппаратура: вентили, клапаны, вспомогательное оборудование. Системы ввода движения в вакуумные установки.
11. Обзор форвакуумных насосов.
12. Обзор плунжерных насосов.
13. Обзор установок для нанесения покрытий в вакууме.
14. Дорожная карта РФ по развитию вакуумных покрытий