

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО НАНОТЕХНОЛОГИЯМ

Учебное пособие

6-е издание, электронное

Под редакцией академика РАН,
доктора физико-математических наук, профессора
А. С. Сигова

Допущено

Учебно-методическим объединением вузов
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки 222900
«Нанотехнологии и микросистемная техника»



Москва
Лаборатория знаний
2021

УДК 621.3+539.2+542

ББК 32.844.1+24.5я73

М54

Серия основана в 2009 г.

Авторский коллектив:

Мишина Е. Д., Шерстюк Н. Э., Евдокимов А. А.,
Вальднер В. О., Григорьев С. А., Долгова Т. В.,
Дроздова Н. М., Ежов А. А., Ершова Н. И., Лускинович П. Н.,
Панов В. И., Свитов В. И., Семин С. В., Стогний А. И.,
Федянин А. А., Щербаков М. Р.

Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Шерстюк Н. Э., Евдокимов А. А. [и др.] ; под ред. А. С. Сигова. — 6-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 187 с. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-545-5

Представлены описания лабораторных работ для студентов 2–3-х курсов, обучающихся по специальностям «Нанотехнологии в электронике» и «Квантовая электроника». В ходе выполнения работ студенты знакомятся с некоторыми методами получения наночастиц и нанокompозитов, приобретут навыки работы с объектами нанометрового размера и овладеют современными физико-химическими методами исследования. Каждый цикл работ предваряется теоретическим введением, которое может играть роль краткого конспекта лекций.

Для студентов, аспирантов, докторантов, преподавателей классических, педагогических и технологических университетов, а также специалистов, работающих над проблемами разработки и применения нанотехнологий.

УДК 621.3+539.2+542

ББК 32.844.1+24.5я73

Деривативное издание на основе печатного аналога: Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Шерстюк Н. Э., Евдокимов А. А. [и др.] ; под ред. А. С. Сигова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 184 с. : ил. — (Учебник для высшей школы). — ISBN 978-5-9963-0617-6.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-93208-545-5

© Лаборатория знаний, 2015

Оглавление

Введение	5
Часть 1. Получение наноразмерных структур	8
Получение наночастиц золота	8
Получение наночастиц серебра	9
Формы наночастиц золота	13
Формы наночастиц серебра	15
Абсорбционная спектроскопия как метод исследования наночастиц	16
Оптические свойства растворов, содержащих наночастицы.	
Поверхностный плазмонный резонанс и комбинационное рассеяние	17
Физико-химические основы процесса получения оксида алюминия методом анодного окисления	23
<i>Контрольные вопросы</i>	28
Работа 1.1. Формирование и оптические свойства наночастиц золота	30
Работа 1.2. Формирование, оптические свойства и морфология наночастиц серебра	33
Работа 1.3. Формирование наночастиц платины	35
Работа 1.4. Получение двумерных наноструктур оксида алюминия методом анодного окисления	37
Часть 2. Исследование наноструктур методами сканирующей зондовой микроскопии	41
Основы методов СЗМ	42
Общие принципы атомно-силовых микроскопов	46
Общие принципы работы магнитно-силовых микроскопов	50
<i>Контрольные вопросы</i>	53
Работа 2.1. Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии	54
Работа 2.2. Исследование магнитных свойств поверхности методом атомно-силовой микроскопии	62
Часть 3. Исследование наноструктур методом просвечивающей электронной микроскопии	67
Общие принципы работы просвечивающих электронных микроскопов	67

<i>Контрольные вопросы</i>	70
Работа 3.1. Исследование наночастиц платины на углеродном носителе методом просвечивающей электронной микроскопии	70
Часть 4. Оптические методы исследования наноструктур	77
Конфокальная микроскопия	77
Оптическая спектроскопия	82
Фотолюминесценция и наноструктуры	86
Магнитооптические явления в наноструктурах	92
Оптические плазмонные метаматериалы	99
<i>Контрольные вопросы</i>	105
Работа 4.1. Исследование топографии поверхности наноструктур методом конфокальной микроскопии и профилометрии	107
Работа 4.2. Исследование оптических свойств наноструктур и фотонных кристаллов	120
Работа 4.3. Изучение процессов фотолюминесценции в наноразмерных полупроводниковых структурах оксида цинка	123
Работа 4.4. Изучение линейного магнитооптического эффекта Керра в наноструктурированных ферромагнитных материалах	126
Работа 4.5. Наблюдение аномального двулучепреломления и дихроизма в анизотропных плазмонных метаматериалах	130
Часть 5. Манипулирование нанообъектами и управление наноперемещениями	134
Физические принципы оптического манипулирования одиночными микро- и наночастицами	134
Пьезоэффект и наноперемещения	139
<i>Контрольные вопросы</i>	141
Работа 5.1. Манипулирование микро- и наночастицами в оптическом пинцете	142
Работа 5.2. Измерение управляемого перемещения эталона в нанометровом диапазоне	148
Часть 6. Обработка структур и изготовление устройств с применением нанотехнологий	155
Электронный перенос в природе	155
Принцип действия солнечных элементов	155
Механизм процесса плазмохимического травления	158
<i>Контрольные вопросы</i>	160
Работа 6.1. Сборка солнечного элемента нового типа с использованием нанотехнологий	161
Работа 6.2. СВЧ плазмохимическое травление поверхности подложек и наноразмерных пленок	166
Литература	181