

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 02.10.2023 08:00:50

Уникальный программный код
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a44851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра нанотехнологий, микроэлектроники,
общей и прикладной физики

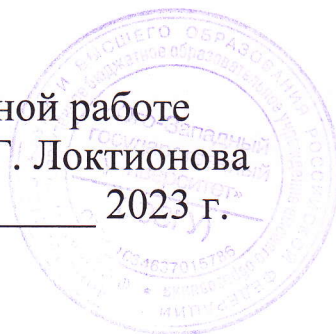
УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 25 » 09

2023 г.



МЕТОДЫ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ

Методические рекомендации для самостоятельной работы
студентов направлений подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
и 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

УДК 53

Составители: А.Е. Кузько, А.В. Кузько

Рецензент

Директор РЦН, д.ф.-м.н., профессор А.П. Кузьменко

Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем: методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направлений подготовки 18.03.01 «Химическая технология» и 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Кузько А.Е., Кузько А.В. Курск, 2023. 14 с.

Изложены основные требования к организации самостоятельной работы студентов. Перечислены виды и формы проведения самостоятельной работы и ее контроля, раскрыты особенности организационно-методического обеспечения. Представлены задания к самостоятельной работе.

Предназначены для студентов направлений подготовки 18.03.01 «Химическая технология» и 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» по ОПОП ВО с присвоением двух квалификаций одного уровня высшего образования, а также будет полезен студентам всех других направлений подготовки, изучающих дисциплины нанотехнологического и химического цикла.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 26.09.23. Формат 60 x 84 1/16.

Усл. печ. л. 0,81 Уч.- изд. л. 0,74 Тираж 50 экз. Заказ 1011 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов (СРС) - одна из форм индивидуальной работы студентов, важнейшая составная часть процесса подготовки будущих специалистов.

Целями СРС являются формирование у студентов навыков к самостоятельному творческому труду, умение решать профессиональные задачи с использованием всего арсенала современных средств, потребность к непрерывному самообразованию и совершенствованию своих знаний; приобретение опыта планирования и организации рабочего времени и расширение кругозора.

Самостоятельная работа студентов способствует активизации умственной деятельности и самостоятельному усвоению знаний, формированию профессиональных умений и навыков, обеспечивает формирование общекультурных, профессиональных компетенции будущего специалиста. Она максимально развивает познавательные и творческие способности личности в рамках актуализации компетентностного подхода.

Кроме того, СРС позволяет студенту развивать свои возможности, потребности, интересы посредством проектирования собственного индивидуального образовательного маршрута, побуждает к научно-исследовательской работе.

Самостоятельная работа студентов включает в себя два вида: аудиторную и внеаудиторную работу.

Самостоятельная аудиторная работа студентов (САРС) по дисциплине выполняется под непосредственным руководством и контролем преподавателя, по его заданию. САРС осуществляется в сроки, определяемые учебным планом и расписанием занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентами по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия и не регламентируется расписанием занятий. Она может выполняться студентами с использованием дистанционных образовательных технологий в различных формах, главным принципом которых является удаленная СРС, где студент и преподаватель взаимодействуют (передают и получают задания, методические материалы, контрольные вопросы, тестовые задания и т. п. в электронном виде) посредством локальной и глобальной сетей. Формами реализации такой работы могут быть различные способы ИТ-коммуникаций, выбираемые преподавателем с учетом особенностей преподавания дисциплины.

Объем времени на САРС включается в общий объем времени, отведенного на СРС, согласно учебному плану. При этом на САРС не переносятся лабораторные, практические, семинарские и другие занятия, предусмотренные расписанием.

Самостоятельная аудиторная работа студентов включает следующие формы работ:

- дополнительные занятия;
- текущие консультации по дисциплине;
- консультация и защита рефератов;
- консультация и прием индивидуальных домашних заданий;
- консультации по расчетно-графическим, курсовым работам (проектам) в рамках дисциплин;
- консультации по выпускным квалификационным работам;
- учебно-исследовательская работа.

Внеаудиторная СРС, в том числе с использованием дистанционных образовательных технологий, включает следующие формы работ:

- работа с учебниками, учебными и методическими пособиями (как на бумажных, так и на электронных носителях);
- работа с первоисточниками;
- работа с конспектами лекций, научными статьями;
- составление конспектов в виде электронного документа, презентаций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая электронные учебные издания (электронные учебники, курсы, презентации, модели, анимированные изображения, видео - кейсы, библиотеки, контрольно-измерительные материалы и др.);
- расчетные и расчетно-графические работы;
- чертежные работы;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным занятиям, в том числе по материалам электронных учебных изданий, специализированных тематических сайтов, электронных копий научных статей и т. п.;
- составление отчетов по лабораторным работам;
- переводы иностранного текста (внеаудиторное чтение);
- составление электронного аннотированного списка статей из соответствующих журналов и сайтов по отраслям знаний;

- научный эксперимент, размышления и обсуждения, выполнение микроисследований с представлением их результатов в виде электронных презентаций, таблиц, сводных графиков и т. п.;
- выполнение логических заданий в условиях проблемных ситуаций;
- осуществление самоконтроля (компьютерное тестирование и т. д.);
- подготовка к модулю;
- подготовка к тестированию;
- написание рефератов, эссе, докладов, отчетов по практике в виде электронного документа или с подготовкой презентации;
- подготовка к деловой игре, оформление её результатов и др.
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т. д.;
- проработка тем, вынесенных в рабочей программе дисциплины на самостоятельное изучение;
- выполнение курсовых работ/проектов;
- подготовка к контрольной работе.

Формы, объем и содержание заданий по СРС устанавливается кафедрой в соответствии с учебными планами и рабочими программами учебных дисциплин.

2. ПЛАНИРОВАНИЕ СРС

Основой для планирования СРС являются:

- федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования (ФГОС ВО) ;
- учебный план специальности (направления подготовки);
- рабочая программа дисциплины.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО объем изучаемых дисциплин в рабочих учебных планах установлен (нормирован) в академических часах и включает в себя аудиторную и самостоятельную (внеаудиторную) работу студентов. Трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине определяется из рабочих учебных планов.

Затраты времени на выполнение всех форм СРС по каждой дисциплине строго соответствуют действующему учебному плану специальности (направления подготовки), а содержание - требованиям основной образовательной программы ВО.

Методика планирования самостоятельной работы складывается из следующих элементов:

$$T_{\text{СУМ}} = T_{\text{ЛП}} + T_{\text{СП}} + T_{\text{ЗЭ}} + T_{\text{ИЗ}},$$

$T_{\text{СУМ}}$ – суммарное время на СРС по данной дисциплине, определенное учебным планом, ч;

$T_{\text{ЛП}}$ – время на подготовку к лекциям, лабораторным, практическим, семинарским занятиям, ч;

$T_{\text{СП}}$ – время на самостоятельное изучение разделов и тем учебной дисциплины;

$T_{\text{ЗЭ}}$ - время на подготовку к зачетам и экзаменам;

$T_{\text{ИЗ}}$ - время на самостоятельное выполнение индивидуальных заданий (курсовой проект, курсовая работа, расчетно-графическая работа, конспект, реферат, упражнение и др.).

Сведения о СРС указываются в рабочей программе каждой дисциплины и утверждаются зав. кафедрой и деканом до начала учебного семестра. В них указываются перечень выполняемых работ, их содержание, объем заданий в часах, сроки выполнения и проведения контроля.

После ознакомления с этой информацией, каждый студент составляет график самостоятельной работы и график сдачи модулей с указанием сроков их выполнения.

При составлении графика СРС необходимо исходить из условий:

- согласования сроков выполнения СРС по всем дисциплинам;
- обеспечения ритмичности работы в течение семестра;
- отсутствия перегрузки заданиями в течение какой-либо недели.

Рекомендуется планировать завершение на одной неделе не более 2 заданий по СРС.

3. ОРГАНИЗАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРС

Организационно-методическое обеспечение СРС включает разработку и проведение комплекса мероприятий по планированию и организации СРС:

- планирование СРС;
- обеспечение учебной литературой, методическими пособиями, в том числе электронными учебными изданиями, компьютерной техникой, программными продуктами;
- создание учебно-лабораторной базы и ее оснащение в соответствии с содержанием самостоятельной работы по курсам учебных дисциплин;

- создание необходимых условий для СРС в общежитиях, библиотеках, читальных залах, компьютерных классах.

Активизация СРС при проведении различных видов учебных занятий включает:

- переработку учебных планов и программ в рамках существующих ФГОСов с целью увеличения доли СРС. При этом должна учитываться обеспеченность тем и разделов учебной литературой и ее доступность для всех обучающихся;

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс современных образовательных и информационных технологий с учетом компетентностного подхода;

- разработку собственных электронных учебных изданий на основе имеющихся инструментов и средств;

- совершенствование системы текущего оперативного контроля СРС в течение семестра (использование возможностей балльно-рейтинговой системы, компьютеризированного тестирования и др.);

- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы студентов;

- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования для увеличения самостоятельности студентов на всех этапах работы.

Работа по учебно-методическому и техническому обеспечению СРС включает:

- определение тем дисциплины для самостоятельного изучения;

- определение форм самостоятельной работы;

- определение приемов контроля результатов СРС;

- техническое обеспечение СРС с использованием дистанционных образовательных технологий;

- обучение и консультация профессорско-преподавательского состава по разработке электронных учебных изданий и применению дистанционных образовательных технологий;

- разработка нового специализированного ПО.

Руководство СРС осуществляется преподавателями кафедры. В функции преподавателя входит:

- разработка календарно-тематического плана выполнения СРС по учебному курсу;

- определение объема учебного содержания и количества часов, отводимых на СРС, с учетом компетентностного подхода;

- подготовка пакета контрольно-измерительных материалов и определение периодичности контроля;

- определение системы индивидуальной работы со студентами.

Мониторинг СРС предусматривает организацию и корректировку учебной деятельности студентов, помощи при возникающих затруднениях. Контроль СРС предусматривает соотнесение содержания контроля с целями обучения; соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить; дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

К видам контроля СРС относятся

- текущий (оперативный) контроль;
- рубежный контроль;
- итоговый контроль (зачет, экзамен);
- самоконтроль.

Формами контроля СРС являются

- устный контроль;
- письменный контроль;
- тестовый контроль.

В качестве примеров можно привести блиц-опрос, индивидуальные собеседования, проверка выполнения домашних заданий, обсуждение рефератов, анализ производственных ситуаций, дискуссия, пресс-конференция, решение задач, защита курсовых работ, отчетов по практике и др.

Примерами реализации форм контроля СРС с использованием дистанционных образовательных технологий могут быть указанные в табл. 1.

Таблица 1

Формы контроля	Возможные способы реализации в СРС
текущий (оперативный) контроль	- тестовые задания
рубежный контроль	- тестовые задания - электронная письменная работа, презентация - индивидуальное или групповое задание
итоговый контроль (зачет/экзамен)	- тестовые задания - электронная письменная работа, презентация - индивидуальное или групповое задание - on-line общение через средства телекоммуникаций:

	электронной почты, чаты, ICQ, SKYPE, вебинары и др.
самоконтроль	- тестовые задания

4. ЗАДАНИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

В рамках изучения студентами дисциплины «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем» предусматривается выполнение самостоятельной работы по следующим темам:

Объем и содержание самостоятельной работы студентов

№	Наименование раздела учебной дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
5 семестр			
1	Общие элементы электронно-оптических приборов	14 неделя	6
2	Основы методов растровой и просвечивающей электронной микроскопии	16 неделя	6
3	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ и рентгеновские методы исследования	18 неделя	5,9
Итого за 5 семестр			17,9
6 семестр			
4	Основы применения масс-спектрометрических методов исследования	2 неделя	30
5	Методы масс-спектрометрии в получении и диагностике наночастиц	4 неделя	30
6	Методы сканирующей туннельной микроскопии	6 неделя	31,9
Итого за 6 семестр			91,9
7 семестр			
7	Методы атомно-силовой микроскопии	8 неделя	36
8	Измерительные методики АСМ	10 неделя	36

9	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия	12 неделя	34,85
Итого за 7 семестр			106,85
Итого:			216, 65

Вопросы для контроля самостоятельной работы

"Оптические, электронно-оптические и рентгеновские методы в нанодиагностике"

1. В чем преимущества и недостатки различных типов источников электронов?
2. Как происходит управление током электронного пучка?
3. Конструкции и виды электронных пушек.
4. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек.
5. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность).
6. Схема электронной пушки с термоэмиссионным катодом.
7. Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Диаметр электронного зонда в кроссовере.
8. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока.
9. Какова область применения растровой электронной микроскопии?
10. От чего зависит диаметр зонда РЭМ?
11. В чем преимущество и недостатки иммерсионной объектной линзы РЭМ?
12. Каковы причины расхождения между истинными размерами изучаемого объекта и размерами, получаемыми с помощью РЭМ?
13. Какие тест-объекты подходят для калибровки РЭМ?
14. Какова информативность энергетического спектра оже-электронов?
15. Какова информативность характеристического рентгеновского излучения?
16. Сравните преимущества и недостатки волнового и энергодисперсионного детекторов рентгеновского излучения.
17. Какова информативность спектров катодолюминисценции?
18. Рентгеновский анализ. Получение рентгеновского излучения (рентгеновская трубка) и его состав (тормозное и характеристическое излучение). Уточнённый закон Мозли.
19. Поглощение (резонансные К-, L- .. поглощение) и дифракция рентгеновских лучей (условие дифракции, уравнение Вульфа-Бреггов). Семейства атомных плоскостей, индексы Миллера.
20. Методы Лауэ и Дебая-Шерра (метода порошка) в рентгеноструктурном анализе.
21. Особенности методов вращения, Вайссенберга и рентгенофазного анализа.
22. Какова типичная конструкция электронной пушки? Как происходит управление уровнем электронной эмиссии?
23. Какие процессы происходят при облучении вещества рентгеновским излучением?

24. Опишите типичный спектр рентгеновской трубки и объясните появление каждой составляющей в нем.
25. С чем связано появление максимумов и минимумов на дифракционной картине?
26. Расскажите схему возникновения рентгеновской флуоресценции.
27. Является ли наличие в образце периодической структуры необходимым условием для наблюдения дифракции РИ?
28. Дайте определение трансляционной симметрии кристаллов.
29. В чем отличия порошкового и монокристалльного дифракционного эксперимента?
30. Почему знания структурной амплитуды недостаточно для расчета интенсивности рефлекса на порошковой дифрактограмме?

«Масс-спектрометрические методы в нанодиагностике»

1. Характеристическое время метода. В чем заключается интеграция методов?
2. Сущность масс-спектрометрии. Основные части масс-спектрометров и их назначение.
3. Ионизация. (Четыре возможных исхода ионизации). Диссоциативная ионизация. Типы ионов, возникающих при ионизации.
4. Ионизация электронным ударом. Условие ионизации. Молекулярное течение газа. Ионный ток и сечение ионизации. Кривые эффективности ионизации и их анализ.
5. Схема ионного источника при ионизации электронным ударом. Фотоионизация, ионизация электрическим полем и термическая ионизация. Преимущества фотоионизации.
6. Принцип работы магнитного масс-спектрометра Демпстера. Как регистрируют масс-спектры и как записывают результаты масс-спектрометрии?
7. Расчет диффузионных пиков масс-спектра.
8. Характеристика масс-спектрометров. (Фокусировка по направлению, двойная фокусировка, разрешающая сила, чувствительность). Их недостатки.
9. Принцип работы динамических масс-спектрометров (временноразлетного, квадрупольного) и спектрометра ион-циклотронного резонанса.
10. Идентификация и установление строения веществ по масс-спектрам. Таблицы массовых чисел. Соотношения изотопов.
11. Потенциалы появления ионов. Определение ПП, ПИ, и Д по масс-спектрам (без диссоциативной ионизации и с ней). Метод экстраполяции линейных участков кривой эффективности ионизации. Адиабатический и вертикальный потенциалы ионизации.
12. Расшифровка масс-спектра веществ в виде смеси мономеров и димеров.
13. Метод распределения ионизированных частиц по скоростям. Определение парциального давления паров веществ (в масс-спектрометрии).
14. Определение константы равновесия реакции и теплоты химической реакции в масс-спектрометрии.

15. Эффузионная ячейка Кнудсена. Определение парциального давления методом полного изотермического испарения.
16. Использование сверхзвукового сопла для получения нанокластеров.
17. Получение наночастиц и определение их параметров масс-спектрометрическими методами в эффузионной ячейке Кнудсена, сверхзвуковом сопле, в методах газовой агрегации, лазерного испарения.

«Зондовые методы в нанодиагностике»

1. Что такое уровень Ферми в металле? Нарисуйте зонную диаграмму туннельного контакта металл-металл при наличии напряжения смещения. Какие электроны на этой диаграмме вносят преимущественный вклад в ток?
2. Опишите основные методы изготовления СТМ-зондов и их параметры.
3. Требуется ли для проведения СТМ-исследований определенная степень вакуума? Если да, то какая? Если нет, то почему?
4. Опишите работу цепи обратной связи в СТМ. Что такое пропорциональная, интегральная и дифференциальная компоненты системы ОС? Как можно схематически реализовать интегральную и дифференциальную компоненты?
5. Сравните методы исследования топографии поверхности методом СТМ при постоянной высоте и постоянном токе.
6. Расскажите об устройстве зонда АСМ и назовите типичные геометрические размеры его элементов. Как производятся зонды АСМ?
7. Что такое ползучесть, гистерезис и нелинейность пьезокерамики? К каким артефактам на АСМ-изображениях они приводят?
8. Как происходит детектирование изгибов зонда в АСМ? Представив световое пятно на фотодетекторе круглым, нарисуйте зависимость сигнала DFL от вертикального изгиба зонда.
9. Расскажите о контактных методиках АСМ и артефактах, свойственных им. Что такое эффект уширения профиля и эффект занижения высот?
10. Какова природа контактной емкости зонд-образец? Расскажите о методиках емкостной и Кельвин-микроскопии. Как в Кельвин-эксперименте определить абсолютное значение работы выхода, а не разность работ выхода зонда и образца?
11. Как конечный размер зонда АСМ влияет на искажение АСМ-изображений? Нарисуйте профиль сигнала DFL при сканировании прямоугольной ступеньки коническим зондом.
12. Что такое разрешающая способность АСМ? Свяжите единой формулой разрешающую способность по вертикали и по горизонтали, дайте пояснительный чертеж.
13. Как с помощью меры МШПС 2.0 К производится калибровка АСМ по трем направлениям? Что такое неортогональность Z-сканера и как она калибруется с помощью данной меры.
14. Расскажите о принципе работы СБОМ. Что такое эванесцентные моды излучения? Какую роль они играют в формировании СБОМ-изображения?
15. Какие свойства образцов можно исследовать методами СБОМ? Какие из них нельзя исследовать методами АСМ? Возможно ли совмещение СОМ и АСМ в

одном исследовательском приборе?

16. Каковы типичные расстояния зонд-образец при получении ближнепольных оптических изображений? Как их поддерживать постоянными?

17. Каково предельное разрешение СБОМ?

18. Расскажите об измерительных методиках СБОМ.

В список вопросов входят так же контрольные вопросы к лабораторным работам.

Форма контроля выполнения самостоятельной работы выбирается преподавателем.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;

- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.

- путем разработки:

- методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;

- заданий для самостоятельной работы;

- тем рефератов и докладов;

- тем курсовых работ и проектов и методические рекомендации по их выполнению;

- вопросов к экзаменам и зачетам;

- методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ и т.д.

типографией университета:

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и

методической литературы;

–удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Основы применения масс-спектрометрических методов в нанодиагностике [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А. Е. Кузько, А. В. Кузько; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск: ЮЗГУ, 2013. – 78 с.
2. Смирнов, С.В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монокристаллических интегральных схем : учебное пособие [Электронный ресурс] / С.В. Смирнов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 115 с. 9 // Режим доступа –<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208659>
3. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов; - Новосибирск : НГТУ, 2013. - Ч. I. - 134 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228943>
4. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Э.Ф. Вознесенский, Ф.С. Шарифуллин, И.Ш. Абдуллин ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : Издательство КНИТУ, 2014. – 184 с. // Режим доступа - http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=428294&sr=1
5. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 400 с. - ISBN 978-5-00101-476-8 // Режим доступа – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462147>
6. Уэйли Жу, Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение [Электронный ресурс]: учебное пособие / Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга, пер. К.И. Домкин. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 601 с. - ISBN 978-5-00101-478-2 // Режим доступа – <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462149>
7. Неволин, В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике : монография / В.К. Неволин. - Изд. 2-е, испр. - М. : Техносфера, 2014. - 174 с. : Режим доступа – : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260697> .
8. Исследование топологии поверхности методом сканирующей атомно-силовой микроскопии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. Н. Елманов, Б. А. Логинов, О.Н. Севрюков; - М. : МИФИ, 2011. - 64 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231529>

9. Сергеев, А. Г. Нанометрология [Электронный ресурс]: / А. Г. Сергеев. - М. : Логос, 2011. - 415 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84986>.