

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

ФАКУЛЬТЕТ НАНО- И БИОМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета



С.Б. Вениг

Рабочая программа дисциплины

Технология наноматериалов и наноструктур

Направление подготовки бакалавриата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки бакалавриата
"Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов"

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Саратов,
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Синёв Илья Владимирович		30.08.19
Председатель НМК	Михайлов Александр Иванович		30.08.19
Заведующий кафедрой	Вениг Сергей Борисович		30.08.19
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Технология наноматериалов и наноструктур» является развитие у обучающихся знаний и умений использования технологических процессов, операций, оборудования в профессиональной деятельности, что должно способствовать формированию у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений), необходимых для развития профессиональных навыков в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности: разработке, исследовании, модификации и использовании (обработке, эксплуатации и утилизации) материалов неорганической и органической природы различного назначения; процессов их формирования, формо- и структурообразования; превращения на стадиях получения, обработки и эксплуатации, процессов получения наноматериалов, заготовок, полуфабрикатов, деталей и изделий, а также управления их качеством для различных областей техники и технологии (машиностроения и приборостроения, авиационной и ракетно-космической техники, атомной энергетики, твердотельной электроники, нанопромышленности, медицинской техники, спортивной и бытовой техники).

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Технология наноматериалов и наноструктур» относится к базовой части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами очной формы обучения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов» и профилю «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов», в течение 7 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по курсам «Термодинамика», «Физика и химия поверхности материалов и покрытий». Знания, умения и владения, приобретенные при освоении дисциплины, будут востребованы при изучении дисциплин «Основы молекулярной технологии», «Физические процессы в материалах под действием оптического и СВЧ излучений», «Основы электрохимических процессов», «Моделирование и оптимизация производственных систем и технологических процессов».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Технология наноматериалов и наноструктур» формируются компетенции:

готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации (ПК-5);

способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями (ПК-6);

готовность участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами (ПК-9).

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

- знать основные типы современного оборудования и приборов для работы с материалами нанотехнологий и методы, применяемые в нанотехнологиях, методы экспериментального исследования наноматериалов и нанотехнологий, основные приемы, методики и этапы выбора материалов, оборудования и оснастки, методов и приемов организации труда для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения на основе знания основных типов наноматериалов, основные технологические процессы получения наноматериалов, особенности создания микро- и наноструктур;
- уметь выполнять исследования материалов нанотехнологий на современном оборудовании и приборах, выполнять экспериментальные исследования материалов и методов нанотехнологий, развивать свои базовые знания, объективно оценивать эффективность выбора материалов, оборудования и оснастки, методов и приемов организации труда для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения на основе знания основных типов наноматериалов, разрабатывать технологические маршруты получения наноматериалов и структур;
- владеть методами работы на современном оборудовании и приборах для изучения материалов нанотехнологий, методами теоретических и экспериментальных исследований материалов и методов нанотехнологий, основными понятиями, используемыми при выборе и оценке эффективности выбора материалов, оборудования и оснастки, методов и приемов организации труда для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения на основе знания основных типов наноматериалов, основными подходами к теоретическому описанию и анализу свойств наноматериалов с учетом влияния микро- и наномасштаба на свойства материалов и покрытий.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	История, движущие силы и тенденции развития материалов и методов нанотехнологий	7	1-2	2			8	Устный опрос
2	Классификация и основные виды нанобъектов, влияние размерного фактора на свойства наноматериалов и основные материалы нанотехнологий	7	3-4	2		4	8	Устный опрос на интерактивных практических занятиях
3	Основные методы получения наночастиц	7	5-6	2	8	4	8	Устный опрос на лабораторных и интерактивных практических занятиях
4	Методы консолидации наночастиц и компактированные наноматериалы	7	7-8	2	4	4	10	Устный опрос на лабораторных и интерактивных практических занятиях
5.	Перспективные материалы и методы нанотехнологий. Гибридные наноматериалы и нанокомпозиты	7	9-10	2	4	4	10	Устный опрос на лабораторных и интерактивных практических занятиях
6.	Тонкие пленки и многослойные структуры	7	11-12	2	4	4	10	Устный опрос на лабораторных и интерактивных практических занятиях
7.	Методы нанолитографии	7	13-14	1	8	4	10	Устный опрос на лабораторных и интерактивных практических занятиях
8.	Методы формирования наноструктур, приборов нано- и оптоэлектроники, микро и нано электромеханических систем	7	13-14	1		4	10	Устный опрос на интерактивных практических занятиях
	Итого:			14	28	28	74	зачет с оценкой, контрольная, реферат

Содержание дисциплины

- История, движущие силы и тенденции развития материалов и методов нанотехнологий.** Микро- и нанотехнологии. Технологии от нано к био и от био к нано. Социально-экономические последствия развития материалов и методов нанотехнологий. Перспективы, потенциальные опасности и этические аспекты развития новых технологий. Технология материалов и структур как совокупность способов и процессов. Основные стадии. Методы анализа

технологических процессов. Основные и вспомогательные материалы в нанотехнологиях.

2. **Классификация и основные виды нанообъектов, влияние размерного фактора на свойства наноматериалов и основные материалы нанотехнологий.** Причины появления качественно новых свойств нанообъектов и критические размеры. Размерные эффекты и условия их проявления. Особенности наноматериалов и методов нанотехнологий. Распределение нанообъектов по размерам. Магические числа. Классификация нанообъектов. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы. Кластеры. Наночастицы. Нанопорошки. Наноструктуры. Тонкие пленки. Компактированные и наноструктурные материалы и композиты. Пористый кремний. Пористый оксид алюминия и структуры на его основе. Углеродные наноматериалы.
3. **Основные методы получения наночастиц.** Формирование наночастиц и нанопорошков механическим измельчением, в газовой, жидкой и твердой фазах. Измельчение твердых тел. Диспергирование растворов. Получение твердых гранул. Конденсация пара. Сверхзвуковое истечение газов из сопла. Плазмохимический синтез. Осаждение из коллоидных растворов. Термическое разложение и восстановление. Твердотельные химические реакции. Механосинтез. Ударно-волновой, детонационный синтез и электровзрыв. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Упорядочение нестехиометрических соединений. Синтез высокодисперсных оксидов в жидких металлах. Формирование нанообъектов методами золь-гель технологии, молекулярного наслаивания, криометодами и сверхбыстрым охлаждением, в коллоидных растворах, электрохимическими методами. Биохимические методы.
4. **Методы консолидации наночастиц и компактированные наноматериалы.** Наноструктурированные материалы. Получение компактных нанокристаллических материалов. Методы компактирования наночастиц. Смешивание и компактирование нанопорошков. Осаждение на подложку. Термическое напыление. Катодное распыление. Золь-гель-технологии. Кристаллизация аморфных сплавов. Интенсивная пластическая деформация. Превращение беспорядок-порядок. Нанокompозиты, гибридные наноматериалы. Углеродные наноматериалы.
5. **Перспективные материалы и методы нанотехнологий. Гибридные наноматериалы и нанокompозиты.** Электрохимические процессы в технологии микро- и наноструктур. Анодное растворение. Анодное окисление. Катодное осаждение. Темплатное осаждение наноразмерных объектов. Технологии биоматериалов и инжиниринг тканей. Импланты и протезы. Клинические требования. Металлы, керамики и полимеры и биокompозиты. Имплантация и заживление ран. Регенерация тканей. Биоинертные и биорассасывающиеся материалы. Гидрогели для инжиниринга тканей. Биоактивные каркасы для инжиниринга тканей. Проблемы коммерциализации биоматериалов. Радиационные методы формирования наноструктур: получение тонких аморфных пленок и локальная кристаллизация, образование наноструктур при кристал-

лизации аморфизированных слоев, формирование квантовых точек и проволок при ионном синтезе. Модификация свойств среды в зазоре между туннельным зондом и подложкой. Межэлектродный массоперенос с нанометровым разрешением. Локальное анодное окисление. Локальный электрохимический массоперенос; массоперенос из газовой фазы. Нанотехнологии в водородной энергетике. Технологии изготовления современных топливных элементов. Наноматериалы для получения и хранения водорода. Полимерные электролитические мембраны, катализаторы, суперконденсаторы.

6. **Тонкие пленки и многослойные структуры.** Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов методами молекулярно-лучевой эпитаксии, эпитаксии металлоорганических соединений из газовой фазы, молекулярным наслаиванием, осаждением сверхтонких пленок металлов и диэлектриков.
7. **Методы нанолитографии.** Пучковые методы нанолитографии: электронная, ионная, рентгеновская. Электронорезисты и рентгенорезисты. Источники излучения в фотолитографии, рентгеновской литографии и электронно лучевой литографии. Обзор методов зондовой нанотехнологии. Атомная инженерия. Локальное окисление металлов и полупроводников. Локальное химическое осаждение из газовой или жидкой фазы. Силовая и токовая зондовые литографии. Термомеханическая нанолитография. Нанопечать. Перьевая нанолитография. Литография наносферами. Литографически индуцированная самосборка наноструктур. Сопоставление методов нанолитографии.
8. **Методы формирования наноструктур, приборов нано- и оптоэлектроники, микро и нано электромеханических систем.** Методы получения упорядоченных массивов нанообъектов и наноструктур - квантовых ям, сверхрешеток, массивов квантовых точек: искусственное наноформообразование, самоорганизация при эпитаксиальном росте, методы синтеза нанокристаллов осаждением в наноструктурированные матрицы. Саморегулирующиеся процессы. Технологические процессы самоформирования. Самосборка. Самоорганизация в объемных материалах. Самоорганизация при эпитаксии. Технология Ленгмюра-Блоджетт. Формирование контактов к нанообъектам и отдельным молекулам. Контактное и бесконтактное формирование нанорельефа поверхности подложек. Профилирование резистов сканирующими зондами. Локальная глубинная модификация поверхности подложек. Атомная структура и микромеханика нанотрубок на подложках.

Примерная тематика практических занятий (семинаров)

1. История, движущие силы и тенденции развития технологии новых материалов и структур.
2. Примеры материалов и методов нанотехнологий. Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области наноматериалов и нанотехнологий

3. Качественно новые свойства нанообъектов и критические размеры. Классификация нанообъектов. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.
4. Методы формирования наночастиц и нанопорошков.
5. Формирование наноструктур.
6. Получение упорядоченных наноструктур путем самоорганизации или искусственного наноморфообразования.
7. Методы нанолитографии.
8. Зондовые нанотехнологии.
9. Углеродные наноматериалы.

Перечень лабораторных работ (примерный)

1. Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов эксперимента.
2. Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.
3. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме.
4. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии
5. Обработка и количественный анализ СЗМ изображений.
6. Сканирующая зондовая литография.
7. Золь-гель метод синтеза наночастиц.
8. Выращивание наносуспензий методом пар-жидкость-кристалл.
9. Исследование распределения наночастиц по размеру.
10. Получение нанопорошков методом помола.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Технология наноматериалов и наноструктур» используются следующие образовательные технологии:

- лекционные занятия;
- семинарские занятия;
- практические занятия;
- самостоятельная внеаудиторная работа.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. До 15% лекционных часов отводится для встреч с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций. При проведении части лекционных, семинарских и практических занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся не менее 75% аудиторных часов, отведенных на практические (семинарские) занятия проводятся в интерактивной форме. В активной форме проводится разбор конкретных ситуаций, детальный анализ физических основ технологии

наноматериалов и наноструктур в соответствии с приведенным в разделе 4 списком тем (по выбору преподавателя).

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения;
- использование дистанционных образовательных технологий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

В преподавании дисциплины «Технология наноматериалов и наноструктур» используются контрольные задания учебных пособий, перечень которых приведен в разделе 8.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего периода изучения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, лабораторным и практическим занятиям, подготовке к контрольной работе, в выполнении заданий лектора и реферата.

Самостоятельная работа обучающихся проводится в соответствии со структурой и содержанием дисциплины и складывается из проработки лекционного материала, материала практических занятий, рекомендуемой основной и дополнительной литературы, выполнения контрольных заданий учебных пособий, разбора и решения задач из рекомендуемых задачников, подготовке к семинарским (практическим) занятиям. Самостоятельная работа выполняется в разнообразных формах в следующем порядке.

При выполнении самостоятельной работы обучающийся сначала прорабатывает материал лекций и практических занятий. Результаты освоения лекционного материала используются при изучении теоретического материала соответствующего раздела учебника, рекомендованного в качестве основной литературы. Расширение и углубление знаний и понимания проводится с помощью рекомендованной дополнительной литературы. После этого обучающийся выполняет задания для самоконтроля рекомендованных учебных пособий и назначенные преподавателем задачи. Наконец проводится подготовка к текущему контролю освоения дисциплины в форме устного опроса на семинарах.

Текущий контроль самостоятельной работы осуществляется во время проведения практических занятий, промежуточная аттестация в конце семестра. Оценочными средствами для текущего контроля успеваемости являются кон-

трольные задания из учебных пособий, рекомендованных в качестве основной литературы.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета с оценкой по окончании курса. Оценка на зачете выставляется на основании ответов студента на вопросы билета и дополнительные вопросы, которые формулируются с учетом ответов на вопросы билета, итогов работы студента на семинарах и при выполнении лабораторных работ, что подразумевает систематическую активную работу студентов на семинарах, удовлетворительные ответы студентов на вопросы, возникающие при обсуждении тем семинаров, отчет студентов по темам пропущенных семинаров, успешный отчет студентов по итогам выполнения лабораторных работ в соответствии с заданиями и контрольными вопросами, приведенными в методических указаниях по выполнению лабораторных работ.

Оценочными средствами для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины являются контрольные вопросы, приведенные ниже в разделе «**Вопросы для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины**».

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;

- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время аттестации.

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины выбираются из приведенного ниже списка в соответствии со структурой и содержанием дисциплины.

Вопросы для текущего контроля в форме устного опроса на лабораторных и практических занятиях

1. Перспективы, потенциальные опасности и этические аспекты развития новых технологий.
2. История появления, движущие силы и тенденции развития нанотехнологий.
3. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы. Нанообъекты и наноматериалы.
4. Формирование наночастиц и нанопорошков механическим измельчением, в газовой, жидкой и твердой фазах.
5. Получение компактированных нанокристаллических материалов.
6. Методы получения упорядоченных наноструктур

7. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы.
8. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: коллоидные растворы, золь-гель технология, методы молекулярного наслаивания, электрохимические методы.
9. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: сверхбыстрое охлаждение, формирование сверхтонких пленок металлов и диэлектриков.
10. Получение нанокомпозитов и гибридных наноматериалов.
11. Саморегулирующиеся процессы. Технологические процессы самоформирования. Самосборка. Самоорганизация наноструктур.
12. Темплатный синтез.
13. Тонкие пленки.
14. Технология Ленгмюр-Блоджет.
15. Углеродные наночастицы, нанотрубки, наноструктуры и наноматериалы.
16. Методы нанолитографии.
17. Пучковые методы нанолитографии.
18. Радиационные методы формирования наноструктур
19. Зондовые технологии.
20. Электрохимические процессы в технологии микро- и наноструктур.
21. Нанотехнологии в водородной энергетике.
22. Технологии биоматериалов и инжиниринг тканей.
23. Технологии формирования приборов микро-, нано- и оптоэлектроники, микро и нано- машин. Атомная структура и микромеханика нанотрубок на подложках.

Примерные темы рефератов

1. Зондовая микроскопия
2. Обработка изображений полученных с помощью зондовых микроскопов.
3. Компактирование наноматериалов.
4. Влияние измельчения материала на его активность.
5. Манипулирование нанообъектами.
6. Нанолитография.
7. Экологический аспект нанотехнологий.
8. Наноматериалы в медицине.
9. Наноиндустрия России.
10. Синтез в обратных мицеллах.
11. Самоорганизация в материалах.

Контрольная работа.

Проводится в середине семестра в виде письменных ответов на вопросы промежуточной аттестации, по пройденному, на момент написания контрольной, материалу.

Вопросы для аттестации по итогам освоения дисциплины в форме зачета с оценкой

1. История, движущие силы и тенденции развития технологии новых материалов и структур.
3. История появления, движущие силы и тенденции развития нанотехнологий
4. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы.
5. Формирование наночастиц и нанопорошков.
6. Получение компактированных нанокристаллических материалов.
7. Методы получения упорядоченных наноструктур
8. Получение нанокомпозитов и гибридных наноматериалов.
9. Технологические процессы самоформирования.
10. Технология тонких пленок.
11. Технология Ленгмюр-Блоджет.
12. Углеродные наночастицы, нанотрубки, наноструктуры и наноматериалы.
13. Методы нанолитографии.
14. Зондовые технологии.
15. Электрохимические процессы в технологии микро и наноструктур.
16. Технологии формирования приборов микро- нано- и оптоэлектроники, микро и нано- машин.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

7 семестр

7.1. Учебный рейтинг по дисциплине «Технология наноматериалов и наноструктур» при проведении промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре при проведении промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой.

1	2	3	4	5	6	7	8
Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация (зачет)	Итого
10	30	20	10	0	10	20	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции – от 0 до 10 баллов

Учитывается посещение занятий и активное участие в устных опросах по пройденному материалу. 1 балл за каждое посещение. 1 балл за уместные ответы во время устного опроса на каждой лекции.

Лабораторные занятия – от 0 до 30 баллов

Выполнения предусмотренных рабочей программой лабораторных работ – от 0 до 5 баллов за каждую выполненную работу. По выбору преподавателя в течение семестра студент выполняет 6 работ. Оценивается оформление отчета и правильность выполнения задания.

Практические занятия – от 0 до 20 баллов

Оценивается работа на практических занятиях. В течение семестра студент делает доклад по двум выбранным темам от 0 до 10 баллов за один доклад.

Самостоятельная работа – от 0 до 10 баллов

В течение семестра студент подготавливает реферат на одну из выбранных тем. Оценивается оформление, последовательность изложения материала, полнота раскрытия вопроса, владение студента изложенным материалом.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности – от 0 до 10 баллов

Оценивается правильность выполнения контрольной работы.

Промежуточная аттестация (зачет с оценкой)

Во время промежуточной аттестации используется следующая шкала ранжирования:

15-20 баллов – ответ на «отлично»

10-14 баллов – ответ на «хорошо»

5-9 баллов – ответ на «удовлетворительно»

0-4 баллов – неудовлетворительный ответ.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента в семестре по дисциплине «Технология наноматериалов и наноструктур» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Технология наноматериалов и наноструктур» в оценку (дифференцированный зачет) осуществляется в соответствии с таблицей 2

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Технология наноматериалов и наноструктур» в оценку:

81-100 баллов	«отлично» \ «зачтено»
65-80 баллов	«хорошо» \ «зачтено»
50-64 баллов	«удовлетворительно» \ «зачтено»
0-49 баллов	«не удовлетворительно» \ «не зачтено»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 6 и 12 недель обучения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Раскин А.А., В. К. Прокофьева В.К. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники ч. 1 - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 163 с.
2. Рошин В.М., Силибин М.В.. Технология материалов микро-, опто- и наноэлектроники ч. 2. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. 179 с.

б) дополнительная литература:

1. Капустин В. И., Сигов А. С. Материаловедение и технологии электроники [Электронный ресурс] : Учебное пособие. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 427 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=416461>. - ЭБС "ИНФРА-М"
2. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс]. - Москва: Техносфера, 2014. - 176 с. – Режим доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?short=1&isbn=978-5-94836-382-0>.- ЭБС "АЙБУКС"
3. Орликов Л. Н Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1. [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 98 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
4. Орликов Л. Н Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 2. [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 100 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
5. Таиров Ю. М., Цветков В. Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических приборов - СПб. : Лань, 2002. - 422 с.
6. Барыбин А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 423 с.
7. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий: в 2 т. / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. Т. 1 : Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Ю. Д. Чистяков, Ю. П. Райнова. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 392 с.
8. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 т. / под общ. ред. Ю. А. Чаплыгина. Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / Королёв М. А., Крупкина Т. Ю., Ревелева М. А.. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. – 396 с.
9. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: учеб. пособие : в 2 т. под общ. ред. Ю. А. Чаплыгина. Ч. 2 : Элементы и маршруты изготовления кремниевых ИС и методы их математического моделирования. / Королёв М. А., Крупкина Т. Ю., Путря М.Г., Шевяков В.И. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. - 422 с.
10. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна ; под ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 134 с.
11. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2009. - 414 с.

в) рекомендуемая литература

1. Дубровский В. Г. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 350 с.
2. Малкович Р. Ш. Математика диффузии в полупроводниках - СПб. : Наука, 1999. - 389 с.
3. Красников Г. Я., Зайцев Н. А. Физико-технологические основы обеспечения качества СБИС, ч. 1 - М. : Микрон-Принт, 1999. 226 с.
4. Красников Г. Я., Зайцев Н. А. Физико-технологические основы обеспечения качества СБИС, ч. 2 - М. : Микрон-Принт, 1999. - 216 с.
5. Козловский В. В. Модифицирование полупроводников пучками протонов - СПб. : Наука, 2003. - 267 с.
6. Гаврилов С.А., Белов А.Н. Электрохимические процессы в технологии микро- и нанoeлектроники - М. : Высш. образование, 2009. - 257 с.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
6. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины


Занятия по дисциплине «Технология наноматериалов и наноструктур» частично проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой и проекторами. Оборудование и возможности учебно-научной лаборатории технологии материалов и покрытий описаны на сайте лаборатории. В частности студенты имеют возможность использовать при выполнении лабораторных работ:

- 1) установка плазмохимического осаждения диэлектрических слоев типа УВП-2М (МЭП СССР), оснащенная магнетронным распылительным узлом, системой ВЧ очистки и ВЧ смещения подложек;
- 2) шкафы вытяжные, химически стойкие 1200 ШВМкв-ХС для хранения баллонов со сжатыми газами (С.-Петербург);
- 3) металлографический цифровой комплекс "Альтами-MET1" (С.-Петербург);
- 4) линейные программируемые источники питания:PST-3201 ("Instek GoodWill", Тайвань), LPS-304, LPS-305 ("Motech Inc.", Тайвань);
- 5) цифровые программируемые мультиметры Keithley-2000, Keithley-2000/20 ("Keithley", США);
- 6) регуляторы расхода газа "Bronkhorst High Tech" (Нидерланды)
- 7) генератор чистого воздуха ГЧВ-1,2-3,5 (Москва);


- 8) аналитические весы Shinko AF-R220CE (Япония);
- 9) вискозиметр SV-100 (Япония);
- 10) алмазный скрайбер RV-129 (Германия);
- 11) ультразвуковая ванна "Techsonic" (США);
- 12) центрифуга "Sigma" (Германия);
- 13) прибор для получения чистой воды "Водолей" (Москва);
- 14) мембранный дисциллятор ДМЭ/Б.2э (Владимир);
- 15) рН-метр "ino-Lab рН 730" (Германия).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилем подготовки «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов».

Программа одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством (протокол № 2 от 12.09.2016 г.).

Автор: доцент кафедры материаловедения,
технологии и управления качеством,
к.ф.-м.н.  Синёв И.В.

Зав. кафедрой материаловедения, технологии и управления качеством,
д.ф.-м.н., профессор


_____ С.Б. Вениг

Декан факультета нано- и биомедицинских
технологий, профессор


_____ С.Б. Вениг