

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



Проректор  
по учебно-методической работе  
А.А. Панфилов

« 12 » 02 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Микро – и нанотехнологии»

Направление подготовки: 11.04.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Программа подготовки: "Высокие технологии в проектировании и производстве электронных средств"

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоёмкость зач. ед, (час)	Лек- ций, час.	Практ. занятий, час.	Лабор. работ, час.	СРС, час.	Форма проме- жуточного кон- троля (экз/зачёт)
1	4/144	-	36	-	81	Экзамен (27)
<b>Итого:</b>	4/144	-	36	-	81	Экзамен (27)

Владимир, 2015



## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целями освоения дисциплины «Микро - и нанотехнологии» являются:*

- формирование знаний о закономерностях физико-химических процессов микроэлектроники, базовых операциях и ограничениях полупроводниковой технологии;
- формирование знаний о возможности использования физических, химических, биологических явлений для создания наноструктур, наноматериалов и наноустройств, методах их синтеза и применения в электронных средствах;
- формирование представлений об основных направлениях развития микро - и нанотехнологий в области электроники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Микро - и нанотехнологии» относится к базовой части ОПОП ВО (код Б1.Б.5). Дисциплина изучается в 1 семестре. Необходимые для освоения дисциплины знания, умения и готовности обучающегося приобретаются в результате изучения физики, химии, математики, теоретических основ электротехники, основ материаловедения, физических основ электроники, дисциплин технологического цикла. Освоение данной дисциплины необходимо для изучения конструкторско – технологических дисциплин, для выполнения научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Коды компетенций по ФГОС	Компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-4	Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	<i>Знать:</i> методы и основные направления развития микро - и нанотехнологий в электронике. <i>Уметь:</i> самостоятельно приобретать и использовать при создании электронных средств новые знания о достижениях в области микро - и нанотехнологий.
ПК-4	Способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты	<i>Уметь:</i> осуществлять постановку задачи исследования технологического метода и анализировать результаты эксперимента.
ПК-5	Способность оценивать значимость и перспективы использования результатов исследования, подготавливать отчеты, обзоры, доклады и публикации по результатам работы, заявки на изобретения, разрабатывать рекомендации по практическому использованию полученных результатов	<i>Знать:</i> физико-химические основы процессов микро - и нанотехнологий. <i>Уметь:</i> оценивать значимость и представлять результаты исследования процессов, тенденций и перспектив развития микро - и нанотехнологий в виде докладов и презентаций.



ПК-6	Способность анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников	<b>Уметь:</b> анализировать состояние технологических проблем в микро - и нанoeлектронике путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников. <b>Владеть:</b> навыками поиска и использования источников информации для анализа научно-технических проблем в области микро - и нанотехнологий.
ПК-19	Готовность разрабатывать учебно-методические материалы для обучающихся по отдельным видам учебных занятий	<b>Уметь:</b> самостоятельно формулировать цель практического занятия по анализу методов формирования микро - и наноструктур.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Физико-химические процессы в микро - и нанотехнологиях.	1	1-9		18			25		7/38	Рейтинг-контроль №1
2	Методы синтеза наноструктур и функциональных наноматериалов.	1	10-15		12			26		5/42	Рейтинг-контроль №2
3	Перспективы развития нанотехнологий в электронике	1	16-18		6			30		3/50	Рейтинг-контроль №3
Всего		1	18		36			81		15/42	Экзамен (27 час)

##### 4.1. Содержание разделов и тем дисциплины

###### Введение.

Основные понятия. Микротехнология. Планарная полупроводниковая технология. Ограничения планарной технологии. Истоки, основные принципы и перспективы развития нанотехнологий.

###### Раздел 1. Физико-химические процессы в микро - и нанотехнологиях.

###### Тема 1.1. Классификация процессов микро - и нанотехнологий.

Общая классификация процессов микро - и нанотехнологий. Критерии классификации: характер протекания, способ активации, степень локализации. Процессы формирования новой фа-



зы на поверхности подложки, удаление вещества с поверхности подложки, перераспределение атомов (ионов) примесей.

### ***Тема 1.2. Процессы на поверхности и межфазной границе.***

Атомная структура поверхностного слоя. Примесные атомы на поверхности. Свойства поверхности. Термодинамика поверхности: поверхностная энергия, поверхностное натяжение, капиллярные явления. Адсорбция, десорбция и испарение с поверхности.

### ***Тема 1.3. Физические методы формирования новой фазы на поверхности подложки.***

Классификация методов фазообразования. Газо -, жидко -, и твердофазные методы Гетерогенные процессы физической конденсации из газовой фазы. Вакуумно-термическое испарение. Катодное распыление. Ионно - плазменное распыление. Магнетронное распыление. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.

### ***Тема 1.4. Химические методы формирования новой фазы.***

Химическое осаждение пленок из газовой фазы и растворов. Послойное химическое осаждение из газовой фазы. Электрохимические методы. Анодное окисление металлов и полупроводников. Электрохимическое и плазменное анодирование. Формирование моно - и мультислоев органических веществ.

### ***Тема 1.5. Физико-химические основы процесса ориентированного выделения твердой фазы.***

Механизмы зародышеобразования. Условия ориентированного фазообразования. Эпитаксия. Переходной эпитаксиальный слой. Автоэпитаксия. Гетероэпитаксия. Хемоэпитаксия. Газофазная эпитаксия. Быстрые термические процессы в технологии получения эпитаксиально-пленочных структур. Жидко- и твердофазная эпитаксия. Молекулярно - лучевая эпитаксия. Авто -, гетеро - и хемоэпитаксия.

### ***Тема 1.6. Физико-химические основы процессов перераспределения вещества.***

Термодиффузионное легирование. Математическое описание диффузионных процессов в микроэлектронике. Ионное легирование полупроводников. радиационно - стимулированная диффузия. Низкоэнергетическая ионная имплантация методом погружения в плазму. Имплантография.

### ***Тема 1.7. Физико-химические основы процессов удаления вещества.***

Процессы механического удаления вещества. Электронно-лучевая обработка. Вакуум-термическое травление. Процессы химического травления: механизмы травления, методы и среды для жидкостного и газового травления; локальное и анизотропное ориентированное травление. Электрохимическое травление. Ионно-плазменное травление: методы и механизмы травления; ионно-лучевое, плазмохимическое, реактивное ионно-плазменное, ионно-химическое травление.

### ***Тема 1.8. Методы литографии в микротехнологии.***

Классификация базовых методов литографии: фото -, рентгено -, электроно- и ионолитография. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения; позитивные и негативные; жидкие и сухие резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; предэкспозиционная обработка; проявление и сушка. Фотошаблон. Способы совмещения и экспонирования. Пространственное расширение.

### ***Тема 1.9. Нанолитография.***

Эволюция процессов экспонирования: высокоэффективные источники дальнего ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом, внеосевая литография, стереолитография; электроно -, ионно -, рентгенография. Литография с использованием синхротронного излучения. Печатная нанолитография.



## **Раздел 2. Методы синтеза наноструктур и функциональных наноматериалов.**

### ***Тема 2.1. Классификация наноструктур.***

Нульмерные наноструктуры: свободные кластеры, стабилизированные кластеры, кластеры в матрице, наночастицы в оболочке, самоорганизованные наноструктуры. Одномерные наноструктуры: нанонити, нанотрубки, нанопояса, наностержни. Двумерные наноструктуры: тонкие пленки, гетероструктуры, пленки Ленгмюра - Блоджетт, самособирающиеся слои, нанопластины. Трехмерные наноструктуры.

### ***Тема 2.2. Методы исследования наноструктур.***

Сканирующая зондовая микроскопия: туннельная, атомно - силовая, магнитно - силовая микроскопия. Электронная спектроскопия: рентгеновская фотоэлектронная, ультрафиолетовая электронная, электронная Оже - спектроскопия. Спектроскопические методы. Дифракционные методы исследования.

### ***Тема 2.3. Методы формирования наноструктур.***

Нанокластеры: структура, свойства, методы синтеза. Принципы формирования одномерных частиц. Углеродные нанотрубки: структура, свойства, механизмы роста, методы синтеза. Нанокompозиты на основе нанотрубок. Методы синтеза неорганических нанотрубок. Физические и химические методы формирования нанопленок и двумерных массивов нанобъектов.

### ***Тема 2.4. Методы зондовой нанотехнологии.***

Физические основы зондовой нанотехнологии. Контактное формирование нанорельефа. Бесконтактное формирование нанорельефа. Локальная модификация поверхности. Межэлектродный массоперенос. Электрохимический перенос. Массоперенос из газовой фазы. Локальное анодное окисление.

### ***Тема 2.5. Методы получения наноматериалов.***

Классификация методов синтеза наноматериалов. Методы формирования «снизу вверх»: испарение в электронной дуге, лазерное испарение, газофазный синтез, магнетронное распыление, синтез в нанореакторах, золь - гель метод, гидротермальный синтез. Методы формирования «сверху вниз»: механохимические методы, удаление компонента гетерогенной системы, метод кристаллизации стекла.

### ***Тема 2.6. Процессы самоорганизации в наносистемах.***

Движущие силы организации наносистем. Консервативная самоорганизация: самопроизвольное структурообразование в равновесных системах. Диссипативная самоорганизация; условия самоорганизации. Молекулярная самосборка. Типы межмолекулярного взаимодействия. Супраструктуры.

## **Раздел 3. Перспективы развития нанотехнологий в электронике.**

### ***Тема 3.1. Основные направления развития нанотехнологий в создании электронных средств.***

Технология создания быстродействующих нанотранзисторов: на углеродных нанотрубках, кремниевых нанопроводах, на основе графена. Технология приборов политроники: органических транзисторов, светоизлучающих диодов, нанопроводников. Полимерные наноструктуры для гибких экранов. Приборы квантовой электроники: лазеры и фотоприемники на структурах с квантовыми точками. Устройства на фотонных кристаллах. Нанoeлектронные запоминающие устройства. Технология конструкционных и технологических материалов с уникальными свойствами. Наноструктурные покрытия.

### ***Тема 3.2. Технологические аспекты молекулярной электроники.***

Химические реакционно-диффузионные системы. Принципы обработки информации. Одномолекулярные устройства: динамические молекулярные переключатели, устройства рас-



познавания, хранения информации. Базовые логические элементы из бактерий и ДНК. Биологические процессоры.

#### 4.2 Практические занятия

Практические занятия, являясь формой индивидуально-группового обучения, имеют целью углубление и закрепление знаний, полученных в процессе самостоятельной работы, а также способствуют выявлению преподавателем уровня подготовки каждого студента и его возможностей.

##### *Тематика практических занятий*

1. Общая классификация процессов микро - и нанотехнологий
2. Процессы на поверхности твёрдой фазы и межфазной границе
3. Анализ физических методов получения тонких пленок.
4. Анализ химических методов получения тонких пленок.
5. Эпитаксия.
6. Процессы введения и перераспределения примесных атомов в полупроводниковые кристаллы.
7. Физико-химические процессы удаления вещества.
8. Методы литографии в микротехнологии
9. Базовые технологические процессы в производстве биполярных интегральных микросхем.
10. Базовые технологические процессы в производстве МДП микросхем
11. Анализ методов нанолитографии.
12. Классификация наноструктур.
13. Методы зондовой нанотехнологии
14. Методы получения наноматериалов
15. Анализ процессов получения наносистем методом самоорганизации.
16. Конструкционные и технологические материалы с уникальными свойствами.
17. Основные направления развития нанотехнологий в создании электронных средств.
18. Основные принципы и технологические проблемы молекулярной электроники.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На практических занятиях используется проблемно-ориентированный подход, стимулирование активности путём привлечения к обсуждению проблем, возникающих в процессе выполнения заданий, применяются мультимедиа технологии (видеофильмы, презентации электронные альбомы и др.). Занятия проводятся в аудиториях 331-3, оборудованных техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды) и 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для использования мультимедиа технологий. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерных классов кафедры (330-3,503-3).

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

#### 6.1. Текущий контроль успеваемости

##### *Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:*

- а) оценка выполняемых на практических занятиях и домашних заданий;
- б) оценка активности участия в дискуссиях на практических занятиях;
- в) проведение рейтинг - контроля.
- г) экспресс-опрос на практических занятиях;
- д) индивидуальное собеседование, консультация;
- е) выступление с докладом, презентацией.



## **Вопросы к рейтинг - контролю**

### **Рейтинг - контроль №1**

1. Классификация физико-химических процессов микро - и нанотехнологий по характеру протекания.
2. Способы активации физико-химических процессов.
3. Атомная структура поверхностного слоя.
4. Термодинамические свойства поверхности.
5. Явления и процессы на межфазной границе.
6. Классификация физико-химических методов фазообразования.
7. Гетерогенные процессы физической конденсации из газовой фазы.
8. Методы ионного распыления.
9. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
10. Пиролитическое осаждение металлов.
11. Послойное химическое осаждение из газовой фазы.
12. Химическое осаждение пленок из растворов.
13. Электрохимическое осаждение слоев.
14. Плазмохимическое осаждение пленок.
15. Анодное окисление металлов и полупроводников.
16. Плазменное анодирование.
17. Формирование моно - и мультислоев органических веществ.

### **Рейтинг - контроль №2**

1. Условия ориентированного фазообразования на подложке.
2. Виды и методы эпитаксии.
3. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
4. Сущность и виды эндотаксии.
5. Механизмы термодиффузионного легирования.
6. Математические модели диффузионных процессов.
7. Механизмы ионного легирования полупроводников.
8. Радиационно - стимулированная диффузия.
9. Ионная имплантация методом погружения в плазму.
10. Вакуум- термическое травление.
11. Механизмы жидкостного и газового химического травления.
12. Механизмы анизотропного травления.
13. Электрохимическое травление.
14. Методы ионно-плазменного травления.
15. Сущность и базовые методы фотолитографии.
16. Ограничения оптической литографии.
17. Виды нанолитографии.

### **Рейтинг - контроль №3**

1. Классификация наноструктур по размерности.
2. Методы сканирующей зондовой микроскопии.
3. Методы электронной микроскопии.
4. Спектроскопические методы исследования наноструктур.
5. Методы получения одномерных наноструктур.
6. Механизмы роста и способы получения углеродных нанотрубок.
7. Способы получения нанопленок.
8. Методы формирования наноструктур, проявляющих свойства фотонных кристаллов.
9. Физические основы и методы зондовой нанотехнологии.
10. Классификация методов синтеза функциональных материалов.
11. Физические методы синтеза наночастиц.
12. Химические методы синтеза наночастиц.
13. Процессы самосборки в наносистемах.
14. Основные признаки консервативной и диссипативной самоорганизации



## 6.2. Экзамен

Экзамен проводится по билетам. Обучающийся должен продемонстрировать знание физико-химических основ микро - и нанотехнологий, сущности и методов анализа процессов микро - и нанотехнологий, научных направлений развития нанотехнологий в электронике; умение анализировать состояние технологических проблем в микро - наноэлектронике, перспективы развития нанотехнологий в области электроники.

### *Вопросы к экзамену*

1. Классификация физико-химических процессов микро - и нанотехнологий по характеру протекания. Способы активации физико-химических процессов.
2. Атомная структура поверхностного слоя.
3. Термодинамические свойства поверхности. Явления и процессы на межфазной границе.
4. Классификация физико-химических методов фазообразования.
5. Гетерогенные процессы физической конденсации из газовой фазы.
6. Методы ионного распыления.
7. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок. Пиролитическое осаждение металлов.
8. Послойное химическое осаждение из газовой фазы.
9. Химическое осаждение пленок из растворов.
10. Электрохимическое осаждение слоев.
11. Плазмохимическое осаждение пленок.
12. Анодное окисление металлов и полупроводников.
13. Плазменное анодирование.
14. Формирование моно - и мультислоев органических веществ.
15. Условия ориентированного фазообразования на подложке. Виды и методы эпитаксии. Сущность и виды эндотаксии.
16. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
17. Механизмы термодиффузионного легирования.
18. Математические модели диффузионных процессов.
19. Механизмы ионного легирования полупроводников.
20. Вакуум- термическое травление Механизмы жидкостного и газового химического травления.
21. Механизмы анизотропного травления.
22. Электрохимическое травление.
23. Методы ионно-плазменного травления.
24. Сущность и базовые методы фотолитографии. Ограничения оптической литографии.
25. Виды нанолитографии.
26. Классификация наноструктур по размерности.
27. Методы сканирующей зондовой микроскопии.
28. Методы электронной микроскопии.
29. Спектроскопические методы исследования наноструктур.
30. Методы получения одномерных наноструктур.
31. Механизмы роста и способы получения углеродных нанотрубок.
32. Способы получения нанопленок.
33. Методы формирования наноструктур, проявляющих свойства фотонных кристаллов.
34. Физические основы и методы зондовой нанотехнологии.
35. Классификация методов синтеза функциональных материалов.
36. Физические методы синтеза наночастиц.
37. Химические методы синтеза наночастиц.
38. Процессы самосборки в наносистемах.
39. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов
40. Технология приборов политроники.
41. Технология конструкционных и технологических материалов с уникальными свойствами.



## 42. Технологические основы молекулярной электроники.

### 6.3. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов включает изучение теоретического материала, выполнение заданий по тематике практических занятий, подготовку реферата, презентации, подготовку к рейтинг - контролю. Основа самостоятельной работы – изучение рекомендуемой литературы, электронных источников. Текущий контроль освоения материала проводится в процессе проведения практических занятий и консультаций, проведения рейтинг - контроля, индивидуальных собеседований.

#### *Вопросы для проведения контроля самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.*

##### **Раздел 1.**

1. Критерии классификации процессов формирования новой фазы на поверхности подложки.
2. Процессы на поверхности и межфазной границе.
3. Термодинамика поверхности.
4. Вакуумно-термическое испарение. Катодное распыление.
5. Ионно - плазменное распыление.
6. Магнетронное распыление.
7. Импульсное лазерное осаждение тонких пленок.
8. Химическое осаждение пленок из газовой фазы.
9. Химическое осаждение пленок из растворов.
10. Электрохимические методы осаждение пленок.
11. Механизмы и условия ориентированного фазообразования.
12. Формирование моно - и мультислоёв органических веществ.
13. Процессы введения и перераспределения вещества.
14. Процессы механического удаления вещества.
15. Процессы химического травления.
16. Процессы электрохимического удаления вещества.
17. Базовые методы литографии в технологии электроники.
18. Методы нанолитографии.

##### **Раздел 2**

1. Нульмерные наноструктуры.
2. Одномерные наноструктуры.
3. Двумерные наноструктуры.
4. Трёхмерные наноструктуры.
1. Сканирующая зондовая микроскопия.
2. Спектроскопические методы исследования наноструктур.
3. Принципы формирования одномерных частиц.
4. Методы формирования нанопленок.
5. Методы двумерных массивов нанообъектов.
6. Методы зондовой нанотехнологии.
7. Методы формирования наноматериалов «снизу вверх».
8. Методы формирования наноматериалов «сверху вниз».
9. Процессы самоорганизации в наносистемах.

##### **Раздел 3**

1. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов на углеродных нанотрубках.
2. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов на кремниевых нанопроводах.



3. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов на основе графена.
4. Технология органических транзисторов.
5. Технология органических светодиодов,
6. Технология нанопроводников.
7. Полимерные наноструктуры для гибких экранов.
8. Лазеры и фотоприемники на структурах с квантовыми точками.
9. Устройства на фотонных кристаллах.
10. Нанозлектронные запоминающие устройства.
11. Технология конструкционных и технологических материалов с уникальными свойствами.
12. Технология приборов политроники.
13. Технологические основы молекулярной электроники.

Формы отчета студента перед преподавателем о результатах выполнения самостоятельной работы: конспекты, планы, реферат, обзоры информации, графическое представление изученного учебного материала, презентации. Виды контроля самостоятельной работы студентов: экспресс-опрос на практических занятиях; текущий устный выборочный опрос на практических занятиях; индивидуальное собеседование, консультация, выступление с докладом.

#### *Темы рефератов*

1. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов
2. Технология приборов политроники.
3. Полимерные наноструктуры для гибких экранов.
4. Приборы квантовой нанозлектроники
5. Устройства на фотонных кристаллах.
6. Нанозлектронные запоминающие устройства.
7. Технология функциональных наноматериалов.
8. Базовые логические элементы из бактерий и ДНК.
9. Элементы и приборы нанозлектроники.
10. Перспективные направления развития нанотехнологии в электронике.

### **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### а) основная литература

1. Мелихов, И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества [Электронный ресурс] / И.В. Мелихов. -3-е изд. (эл.) - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 312 с.). -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-2532-0.  
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325320.html>.
2. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. В. Старостин.- 4-е изд. (эл.).- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 434 с.: (Нанотехнологии). -ISBN978-5-9963-2601-3.  
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326013.html>.
3. Нанотехнологии в электронике. Выпуск 2 [Электронный ресурс] / Под ред. Ю.А. Чаплыгина - М.: Техносфера, 2013. - 688с., ISBN9785948363530.  
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363530.html>.

#### б) дополнительная литература

4. Акуленок, М. В. Введение в процессы интегральных микро - и нанотехнологий : учебное пособие для вузов: в 2 т./ Т. 2 : Акуленок М. В., Андреев В. М. и др. Технологические аспекты. М., БИНОМ, 2011. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996303366.html>.
5. Раскин, А.А. Технология материалов микро -, опто - и нанозлектроники: в 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс] / А.А. Раскин, В.К. Прокофьева. - М.: БИНОМ, 2015. - ISBN 978-5-9963-2566-5.  
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325665.html>.



6. Рошин, В.М. Технология материалов микро -, опто - и наноэлектроники: в 2 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс] / В.М. Рошин, М.В. Силибин. - М.: БИНОМ, 2015. - ISBN 978-5-9963-2567-2. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325672.html>.

7. Бычков, С.П.. Физические основы микро - и нанотехнологий [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / С.П. Бычков, В.П. Михайлов, Ю.В. Панфилов, Ю.Б. Цветков; Под ред. Ю.Б. Цветкова. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833193.html>.

8. Неволин, В.К Зондовые нанотехнологии в электронике. Издание 2-е, исправленное Москва: Техносфера, 2014. - 176с. - ISBN 978-5-94836-382-0.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363820.html>.

9. Минько, Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. - 2-е изд., стер. - М : ФЛИН-ТА, 2013. - 165 с. - ISBN 978-5-9765-0326-7.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976503267.html>.

10. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение [Электронный ресурс] / под ред. У. Жу, Ж.Л. Уанга; пер. с англ. - 2-е изд. - М.: БИНОМ, 2014. - ISBN978-5-9963-2123-0.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321230.html>.

11. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебник / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М.: БИНОМ, 2014. -400 с. (Учебник для высшей школы). - ISBN 978-5-9963-2378-4.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323784.html>.

#### в) периодические издания

12. Микроэлектроника (Библиотека ВлГУ)

13. НАНО: технологии, экология, производство (Библиотека ВлГУ)

14. Наноматериалы и наноструктуры XXI век (Библиотека ВлГУ)

15. Наносистемы: физика, химия, математика (Библиотека ВлГУ)

16. Нанотехнологии: разработка, применение - XXI век (Библиотека ВлГУ)

17. Нанотехнологии: Наука и производство (Библиотека ВлГУ)

#### г) интернет – ресурсы

18. <http://www.studentlibrary.ru/>.

19. <http://elibrary.ru/>.

20. <http://www.liveinternet.ru/>.

21. <http://www.100books.ru/>.

22. <http://window.edu.ru/>.

23. <https://ru.wikipedia.org/>.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия проводятся в аудитории 324-3, оборудованной техническими средствами для использования мультимедиа технологий (видеоматериалы, слайды); в аудитории 323-3, оборудованной компьютерной техникой. В процессе подготовки к занятиям студенты имеют возможность работать в Интернете, пользуясь ресурсами компьютерного класса кафедры (а.330-3).



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Рабочую программу составил доцент Фролова Т.Н. Фролова

Рецензент

зам. главного инженера по подготовке  
производства – главный технолог ОАО

"Владимирский завод Электроприбор" Зайцев М.К. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры БЭСТ \_\_\_\_\_

Протокол № 6 от 12.02. 2015 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. 

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Протокол № 6 от 12.02. 2015 года

Председатель комиссии Сушкова Л. Т. 

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_