

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 30 » 08 2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы микро - и нанотехнологий»

Направление подготовки 11.04.03 "Конструирование и технология электронных средств"

Профиль/программа подготовки: «Высокие технологии в проектировании и производстве электронных средств»

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
2	3/108	.	36	-	36	экзамен(36)
Итого	3/108	.	36	-	36	экзамен(36)

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины – формирование базовых знаний о физико-химических закономерностях и методах микротехнологий, формирование представлений об основных направлениях развития и методах реализации нанотехнологий в области электроники.

Задачи:

- 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 наноматериалов и наноустройств, методах их синтеза, исследования и применения в электронных средствах;
- формирование представлений об основных направлениях развития нанотехнологий в области электроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы микро - и нанотехнологий» относится к дисциплинам базовой части. Пререквизиты дисциплины: «Физика», «Математика», «Химия», «История и методология науки и техники», «Физико-химические процессы в технологии электронных средств».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-3	частичное	Знать закономерности и методы микро - и нанотехнологий. Уметь приобретать и использовать при анализе технических проблем в сфере конструирования и технологии электронных средств новых знаний о достижениях в области микро - и нанотехнологий. Владеть навыками поиска информации о достижениях в области микро - и нанотехнологий.
ПК-1	частичное	Знать тенденции развития микро - и нанотехнологий. Уметь формулировать цели научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро - и нанотехнологий. Владеть способностью формулировать задачи научных исследований в области микро - и нанотехнологий.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с примене нием интеракт ивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Физико-химические процессы в микро - и нанотехнологиях	2	1-10		20		20	8/40	
	Тема 1. Роль микро - и нанотехнологий в развитии электронных средств.		1		2		1	0,8/40	
	Тема 2. Классификация процессов микро - и нанотехнологий.		2		2		2	0,8/40	
	Тема 3. Процессы на поверхности и межфазной границе.		3		2		2	0,8/40	
	Тема 4. Физические методы формирования новой фазы на поверхности подложки.		4		2		2	0,8/40	
	Тема 5. Химические методы формирования новой фазы.		5		2		2	0,8/40	
	Тема 6. Физико-химические основы процесса ориентированного выделения твердой фазы.		6		2		2	0,8/40	Рейтинг - контроль 1
	Тема 7. Физико-химические основы процессов перераспределения в вещества.		7		2		2	0,8/40	
	Тема 8. Физико-химические основы процессов удаления вещества		8		2		2	0,8/40	
	Тема 9. Методы литографии в микротехнологии.		9		2		3	0,8/40	
	Тема 10. Нанолитография		10		2		2	0,8/40	
2	Методы синтеза наноструктур и функциональных наноматериалов	2	11-16		12		12	4,8/40	
	Тема 1. Классификация наноструктур		11		2		2	0,8/40	

	Тема 2. Методы исследования наноструктур		12		2		2	0,8/40	Рейтинг - контроль 2
	Тема 3. Методы формирования наноструктур.		13		2		2	0,8/40	
	Тема 4. Методы зондовой нанотехнологии		14		2		2	0,8/40	
	Тема 5. Методы получения наноматериалов.		15		2		2	0,8/40	
	Тема 6. Процессы самоорганизации в наносистемах		16		2		2	0,8/40	
3	Перспективы развития нанотехнологий в электронике	2	17, 18		4		4	1,6/40	
	Тема 1. Основные направления развития нанотехнологий в создании электронных средств		17		2		2	0,8/40	Рейтинг - контроль 3
	Тема 2. Технологические аспекты молекулярных систем обработки информации		18		2		2	0,8/40	
	Всего за семестр:	2	18		36		36	14,4/40	Экзамен(36)
	Наличие в дисциплине КП/КР								-
	Итого по дисциплине	2	18		36		36	14,4/40	Экзамен(36)

Содержание практических занятий по дисциплине

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

Тема 1. Роль микро - и нанотехнологий в развитии электронных средств.

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

Тема 2. Классификация процессов микро - и нанотехнологий.

Общая классификация процессов микро - и нанотехнологий. Критерии классификации: характер протекания, способ активации, степень локализации. Процессы формирования новой фазы на поверхности подложки, удаление вещества с поверхности подложки, перераспределение атомов (ионов) примесей.

Тема 3. 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 4. Физические методы формирования новой фазы на поверхности подложки.

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

Тема 5. 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 6. Физико-химические основы процесса ориентированного выделения твердой фазы.

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

Тема 7. Физико-химические основы процессов перераспределения в веществах.

Термодиффузионное легирование. Математическое описание диффузионных процессов в микроэлектронике. Ионное легирование полупроводников. Низкоэнергетическая ионная имплантация методом погружения в плазму. Имплантография: жидкометаллические источники ионов, ионно - полевая эмиссия.

Тема 8. Физико-химические основы процессов удаления вещества.

Процессы механического удаления вещества. Электроннолучевая 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 9. 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.

Тема 10. Нанолитография.

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

Раздел 2. Методы синтеза наноструктур и функциональных наноматериалов

Тема 1. Классификация наноструктур.

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

Тема 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 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 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 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 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. Супрамолекулярные ансамбли.

Раздел 3. Перспективы развития нанотехнологий в электронике

Тема 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.

Тема 2. Технологические аспекты молекулярных систем обработки информации.

Химические реакционно-диффузионные системы. Принципы обработки информации. Реакционно - диффузионный процессор. Обработка изображений реакционно - диффузионными средами. Базовые логические элементы из бактерий и ДНК. Биологические процессоры.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Основы микро - и нанотехнологий» используются образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Групповая дискуссия (разделы 1-3);
- Анализ ситуаций (раздел 2, тема 5);
- Разбор конкретных ситуаций (раздел 1, тема 9).

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

**Текущий контроль успеваемости
(рейтинг - контроль 1, рейтинг - контроль 2, рейтинг - контроль 3)**

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.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен)

Вопросы для подготовки 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. Основные признаки консервативной и диссипативной самоорганизации
40. Технология создания быстродействующих нанотранзисторов: на углеродных нанотрубках, кремниевых нанопроводах, на основе графена.
41. Технология приборов политроники: органических транзисторов, светоизлучающих диодов, нанопроводников.

42. Полимерные наноструктуры для гибких экранов.
43. Приборы квантовой электроники: лазеры и фотоприемники на структурах с квантовыми точками.
44. Устройства на фотонных кристаллах.
45. Наноэлектронные запоминающие устройства.
46. Технологические аспекты молекулярных систем обработки информации.

Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов включает изучение теоретического материала, выполнение заданий по тематике практических занятий, подготовку реферата, презентации, доклада по теме реферата, подготовку к рейтинг - контролю. Текущий контроль освоения материала проводится на практических занятиях в процессе обсуждения изучаемых вопросов, путём экспресс-опроса на занятиях, проведения рейтинг - контроля, индивидуальных собеседований. Формы отчета студента перед преподавателем о результатах выполнения самостоятельной работы: конспекты, реферат, обзоры информации, графическое представление изученного учебного материала, презентации.

Вопросы для самостоятельной работы

Раздел 1 [основная литература:1,2; дополнительная литература:4]

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 мультислоев 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 [основная литература: 2; дополнительная литература:1,2,3]

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

Раздел 3[основная литература: 2,3; дополнительная литература:1,4,5]

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. Тазеры 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.

.Реферат

Реферат выполняется по одной из предложенных тем по выбору студента. Студент может предложить собственную тему исследования, обосновав ее целесообразность. Реферат - самостоятельное, творческое исследование. Структура реферата: титульный лист; план реферативной работы (оглавление); текст реферативной работы, состоящий из введения, основной части (главы и параграфы) и заключения; список использованной литературы.

Во введении автор обосновывает выбор темы, ее актуальность, место в существующей проблематике, степень ее разработанности и освещенности в литературе, определяются цели и задачи исследования. В основной части выделяют 2-3 вопроса рассматриваемой проблемы (главы, параграфы), в которых формулируются ключевые положения темы. В них автор развернуто анализирует проблему, принципы её решения, противоположные подходы к ее рассмотрению, доказывает выдвинутые положения. Главы, параграфы должны заканчиваться логическими выводами, подводящими итоги соответствующего этапа исследования. Основное содержание реферата излагается по вопросам плана последовательно и аргументировано, что является основным достоинством самостоятельной работы.

Рекомендуемый объем реферата – 15...20 листов формата А4 (MS WORD, Times New Roman, кегль 14, 1,5 интервала). По теме реферата студент делает доклад на практических занятиях

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.
11. Гетероструктуры и технология приборов на их основе.
12. Перспективы развития и проблемы нанотехнологий в электронике.
13. Методы нанодиагностики и зондовых нанотехнологий.
14. Аддитивные технологии микроэлектроники.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Воротынцев, В.М., Базовые технологии микро - и нанoeлектроники [Электронный ресурс] / Воротынцев В. М., Скупов В. Д. - М. : Проспект, 2017. - 520 с. - ISBN 978-5-392-25297-8	2017		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785392252978.html
2. Мелихов, И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества [Электронный ресурс] / И. В. Мелихов. -3-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-2532-0.	2014		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325320.html .
3. Нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / И. И. Амиров, Е. А. Артамонова, А. Г. Балашов [и др.]; под ред. Ю. А. Чаплыгин. — Электрон. текстовые данные. — М.: Техносфера, 2016. — 480 с. — 978-5-94836-423-0.	2016		http://www.iprbookshop.ru/58864.html
Дополнительная литература			
1. Нанотехнологии и специальные материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова; под ред. Ю. П. Солнцева. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2017. — 336 с. — 978-5-93808-296-0.	2017		http://www.iprbookshop.ru/67351.html
2. Неволин, В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / В. К. Неволин. — Электрон. текстовые данные. — М.: Техносфера, 2014.	2014		http://www.iprbookshop.ru/26894.html

— 174 с. — 978-5-94836-382-0.			
3 Физико-химические основы нанотехнологий [Электронный ресурс]: методические указания / сост. М. Е. Колпаков, Е. В. Петрова, А. Ф. Дресвянников. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 64 с.	2016		http://www.iprbookshop.ru/63530.html
4. Кондрашин, А.А., Современные технологии изготовления трехмерных электронных устройств [Электронный ресурс] / Кондрашин А.А., Лямин А.Н., Слепцов В.В. - М.: Техносфера, 2016. - 150 с. - ISBN 978-5-94836-450-6	2016		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364506.html
5. Игнатов, А.Н. Наноэлектроника. Состояние и перспективы развития : учеб. пособие / А.Н. Игнатов. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА, 2017. — 360 с. - ISBN 978-5-9765-1619-9.	2017		http://znanium.com/catalog/product/1032533

7.2. Периодические издания

1. Микроэлектроника (Библиотека ВлГУ)
2. НАНО: технологии, экология, производство (Библиотека ВлГУ)
3. Наноматериалы и наноструктуры XXI век (Библиотека ВлГУ)
4. Наносистемы: физика, химия, математика (Библиотека ВлГУ)
5. Нанотехнологии: разработка, применение - XXI век (Библиотека ВлГУ)
6. Нанотехнологии: Наука и производство (Библиотека ВлГУ)

7.3. Интернет-ресурсы

1. <http://znanium.com/>
2. <http://e.lanbook.com/>
3. <http://elibrary.ru/>
4. www.studentlibrary.ru/
5. www.iprbookshop.ru/

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Практические работы проводятся в мультимедиа-аудитории 324-3, оборудованной компьютерной техникой и средствами для демонстрации презентаций и других видео- и аудиоматериалов.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения: MS Office.

Рабочую программу составила Фролова Т.Н. Фролова

Рецензент

(представитель работодателя)

ОАО "Владимирский завод Электроприбор"
зам. главного инженера по подготовке
производства – главный технолог Зайцев М.К.

[Signature]

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры "Биомедицинские и электронные средства и технологии",

Протокол № 1 от 30 08 2019 года

Заведующий кафедрой Сушкова Л.Т. [Signature]

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

Протокол № 1 от 30 08 2019 года

Председатель комиссии Сушкова Л.Т. [Signature]

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
«Основы микро - и нанотехнологий»**

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 _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

Основы микро - и нанотехнологий

образовательной программы направления подготовки 11.04.03 "Конструирование и технология электронных средств",
направленность: магистратура.

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата распорядительного документа о внесении изменения)
1			
2			

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры "Биомедицинские и электронные средства и технологии",

протокол №__ от __. __ 201__ г.

Зав. кафедрой _____ / _____
Подпись *ФИО*