

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)



А.А.Панфилов

20 15 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МИКРО- И НАНОСИСТЕМ

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль/программа подготовки: «Инженерно-физические технологии в nanoиндустрии»

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	4 ЗЕ / 144 час.	11	11	22	73	Экзамен (27)
Итого	4 ЗЕ / 144 час.	11	11	22	73	Экзамен (27)

Владимир 201 5

2

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Технологии производства микро- и наносистем» является приобретение студентами знаний о технологических процессах изготовления микро и наносистем, о специализированных процессах поверхностной и объемной микрообработки кремния.

Задачи дисциплины:

- изучение базовых технологии изготовления микро- и нанoeлектронных датчиков и компонентов микросистем;
- изучение физико-химических основ процессов изготовления микро- и наносистем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Технологии производства микро- и наносистем» относится к базовой части ОПОП подготовки магистров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Дисциплина изучается в 4 семестре и требует освоения следующих курсов:

- физика;
- физические основы микро- и наносистемной техники;
- микроэлектромеханические системы
- компоненты микросистемной техники

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении других специальных дисциплин по профилю подготовки, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины частично формируются следующие компетенции:

- ОПК-1, способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения
- ОПК-2, способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры
- ПК-1, готовностью формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
- ПК-2, готовностью разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты
- ПК-7, готовностью подготавливать задания на разработку проектных решений на разработку материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
- ПК-9, способностью разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями

1) Знать:

базовые конструкции и технологии изготовления КМОП и биполярных ИС;
фундаментальные основы процессов синтеза и анализа компонентов нано- и микросистем ;
технологические процессы производства компонентов микросистемной техники.

2) Уметь:

разрабатывать технологические маршруты формирования кремниевых датчиков различных;
применять методы физической химии наносистем для синтеза, анализа структуры компонентов нано- и микросистем.

3) Владеть:

навыками по разработке базовых технологических процессов микро- и наносистем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (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	Основы технологии микроэлектроники	4	1-4	3	11	12	-	35	-	10 / 38%	Рейтинг-контроль №1 (4-я неделя, на лабораторном занятии), защита лабораторных работ
3	Квазиравносные методы формирования нанослоевых и наноструктурированных композиций	4	5-8	4	-	10	-	25	-	10 / 71,4%	Рейтинг-контроль №2 (8-я неделя, на лабораторном занятии), защита лабораторных работ
4	Методы наноразмерной обработки и наномодификации материалов	4	9-11	4	-	-	-	13	-	2 / 50%	Рейтинг-контроль №3 (11-я неделя, на лабораторном занятии), защита лабораторных работ
Всего		4	11	11	11	22	-	73		22/ 50%	экзамен (27 час.)

Темы лекций.

Раздел 1. Основы технологии микроэлектроники.

1.1. Основные этапы получение кремния. Выращивание электронного кремния по методу Чохральского;

1.2. Технологические основы пленочной микроэлектроники;

1.3. Легирование полупроводников;

1.4. Микролитография, виды литографии;

Раздел 2. Квазиравносные методы формирования нанослоевых и наноструктурированных композиций.

2.1 Молекулярно-лучевая эпитаксия;

2.2 Лазерная абляция;

2.3 Газофазная эпитаксия;

2.4 Молекулярная химическая сборка из газовой фазы;

2.5 Молекулярное наслаивание из жидкой фазы. Метод Ленгмюра-Блоджетт;

2.6 Золь-гель технологии.

Раздел 3. Методы наноразмерной обработки и наномодификации материалов.

3.1 Методы травления: ионно-лучевое нанозерование, ионно-стимулированное селективное газовое травление, ориентационно-чувствительное жидкостное травление, электрохимическое травление.

3.2 Ионное модифицирование: имплантация с кластеризацией и порообразованием, ионно-стимулированный химический синтез, протонизация, имплантография;

3.3 Атомно-зондовое модифицирование: электрическое оптическое, механическое, термическое.

3.4 Атомная модификация поверхности: окисление, массоперенос, активация реакций.

Практические занятия.

Тема 1. Диффузия примесей: распределение примесей при диффузии, оборудование и методы диффузии из газообразных, жидких и твердых источников. Расчет распределения примесей при диффузии (6 ч.)

Тема 2. Вакуумное напыление (5 ч).

Лабораторный практикум.

Л.Р.№1. Перенос изображения в системе «фоторезист-подложка» контактной фотолитографией (4 ч).

Л.Р.№2. Нанесение металлических слоев магнетронным вакуумным методом. (8 ч).

Л.Р.№3. Пористое анодирования алюминия, для получения наноструктур, при производстве алюмооксидных подложек (10 ч).

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках лекционного курса:

5.1. Активные и интерактивные формы обучения

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

5.2. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы по практическим занятиям. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, решение выданных преподавателем практики задач, подготовка к экзамену.

5.3. Мультимедийные технологии обучения

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории (например, ауд. 430-3) с использованием компьютерного проектора.

5.4. Рейтинговая система обучения

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

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

Текущий контроль успеваемости проводится по всем видам занятий с использованием балльно-рейтинговой системы.

6.1 . Экзаменационные вопросы

1. Кремний. Монокристаллический и поликристаллический кремний. Кремний *p*- и *n*-типа.
2. Основные операции производства микросистем.
3. Микролитография.
4. Рентгеновская литография.
5. Объёмная микротехнология.
6. Поверхностная микротехнология.
7. LIGA-процесс.
8. Бондинг процесс.
9. Технологические основы пленочной микроэлектроники.
10. Легирование полупроводников.
11. Основы молекулярно-лучевая эпитаксия.
12. Лазерная абляция.
13. Газофазная эпитаксия.
14. Молекулярная химическая сборка из газовой фазы.
15. Молекулярное наслаивание из жидкой фазы.
16. Метод Ленгмюра-Блоджетт.
17. Золь-гель технологии.
18. Ионно-лучевое нанорезерование.
19. Ионно-стимулированное селективное газовое травление.
20. Ориентационно- чувствительное жидкостное травление.
21. Электрохимическое травление.
22. Ионное модифицирование.
23. Имплантация с кластеризацией и порообразованием.
24. Ионно- стимулированный химический синтез.
25. Атомно-зондовое модифицирование.
26. Атомная модификация поверхности.

6.2. Вопросы рейтинг-контроля

Рейтинг-контроль № 1

1. Основные этапы получение кремния.
2. Выращивание электронного кремния по методу Чохральского.
3. Технологические основы пленочной микроэлектроники.
4. Легирование полупроводников.
5. Микролитография, виды литографии.

Рейтинг-контроль № 2

1. LIGA-процесс.

2. Протонизация.
3. Метод Ленгмюра-Блоджетт
4. Имплантография.
5. Золь-гель технологии.

Рейтинг-контроль № 3

1. Виды травления
2. Основы эпитаксии
3. Ионное модифицирование
4. Химический синтез
5. Модификация поверхности

6.3. Вопросы к самостоятельной работе студента

Самостоятельная работа студентов включает освоение материалов, слабо освещённых в рамках лекционного курса, подготовку к практическим занятиям, подготовку к рейтинг-контролю и экзамену. Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется на лабораторных занятиях. Открытый список вопросов:

1. Методы удаления вещества.
2. Механическое, лазерное и электронно - лучевое скрайбирование.
3. Процессы химического травления: механизмы травления; оборудование, методы и среды для жидкостного и газового травления
4. Технология трехмерного формообразования с субмикронным разрешением.
5. Базовые процессы LIGA-технологии.
6. Гальванопластика.
7. Микропрессование.
8. Виды сборки и герметизации.
9. Монтаж кристаллов, термомеханическая совместимость кристалла и корпуса; термокомпрессия, сварка и пайка выводов;
10. Беспроволочный, объемный монтаж;
11. Корпусная и бескорпусная герметизация;
12. Сварка, пайка, обволакивание, заливка, прессование.
13. процессы корпусирования и герметизации методами зарачивания, сращивания; термо- и электродиффузия.
14. Лазерные технологии объемного формообразования.
15. Механические технологии объемного формообразования: алмазное, электроэрозионное и ультразвуковое микропрофилирование.
16. Совместимость технологии микросистемной техники с технологией микроэлектроники.
17. Изготовление кремниевых пластин для интегральных схем.
18. Окисление кремния. Свойства двуокиси кремния.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Минько Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов: учеб. пособие / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. - 2-е изд., стер. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 165 с.
2. Королёв М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 1. Технологические процессы изготовления

кремниевых интегральных схем и их моделирование / Королёв М.А, Крупкина Т.Ю., Ревелева М.А.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 398 с.

3. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем. Часть 2 / М.А. Королёв [и др.].— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 423 с.

б) дополнительная литература:

1. Акуленок М. В. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : учебное пособие для вузов : в 2 т. / под общ. ред. Ю. Н. Коркишко. - М. : БИНОМ. 2011. ISBN 978-5-9963-0341-0 Т. 2 : Технологические аспекты / [М. В. Акуленок, В. М. Андреев, Д. Г. Громов и др.]. - 2011. - 252 с.
2. Кузнецов Ф.А. Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для нанoeлектроники / Ф.А. Кузнецов [и др] .— Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2013.— 176 с.
3. Канева И.И. Технология микро- и нанoeлектроники : технология материалов магнитоэлектроники. Лабораторный практикум/ Канева И.И., Подгорная С.В., Андреев В.Г.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2011.— 161 с.

в) периодические издания:

1. Российские нанотехнологии, ISSN 1992-7223
2. Нано- и микросистемная техника, ISSN 1684-6419

г) интернет-ресурсы:

1. Онлайн курс «Design and Fabrication of Microelectromechanical Devices» (Massachusetts Institute of Technology – MIT): <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-777j-design-and-fabrication-of-microelectromechanical-devices-spring-2007/lecture-notes/>


8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 430-3);
- электронные записи лекций;


Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочую программу составил доцент каф. ФиПМ Золотов А.Н. 
(ФИО, подпись)

Рецензент
(представитель работодателя) ул. Киевская научно-методическая ФАП "ИПТ Барнаул" 
(место работы, должность, ФИО, подпись)

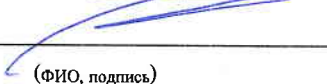
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 2А от 13.10.15 года

Заведующий кафедрой 
(ФИО, подпись) С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.04.01

Протокол № 2А от 13.10.15 года

Председатель комиссии 
(ФИО, подпись) С.М. Аракелян

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 16-17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.16 года

Заведующий кафедрой 

Рабочая программа одобрена на 17-18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.18 года

Заведующий кафедрой 

Рабочая программа одобрена на 18-19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой 