

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников
высшей школы по направлению

на базе учебного курса
Физика и технология наноэлектроники
(наименование учебного курса)

Цель: Изучение физических основ технологий современной микро- и наноэлектроники, включая процессы формирования приборов.

Категория слушателей преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения 36 часов

Форма обучения с частичным отрывом от работы, дистанционно- очная

Режим занятий 8 часов в день

Целью данного курса является ознакомление с основами современных технологий создания приборов микро- и наноэлектроники по наиболее широко используемому циклу планарной технологии: выбор функционального материала, изготовление структуры, литография, металлизация, плазменные технологии обработки поверхности, осаждения диэлектриков и травления, жидкостное травление. Особенности использования процессов создания электронных приборов при переходе к наноэлектронике.

Требования к уровню освоения учебного курса.

Преподаватели должны:

- Знать: общая физика, общая химия, физика полупроводников
- Иметь навыки: работа с вакуумными системами, работа с оптическим микроскопом
- Иметь представление: общая электроника, физика плазмы

Научные работники должны:

1. Знать: общая физика, общая химия, физика плазмы, физика полупроводников, микроэлектроника
2. Иметь навыки: работа с вакуумными системами, работа с оптическим микроскопом, работа с электроизмерительным оборудованием.
3. Иметь представление: технологии микроэлектроники, приборы на основе полупроводников

1. Задачи изучения дистанционных и очных частей учебных курсов (краткая аннотация дистанционных и очных частей учебных курсов с перечнем названий лекций, практических занятий и др.).

Курс направлен на изучение основ современных технологий формирования микро- и наноэлектронных приборов, с учетом современных подходов и новейших технологий, применяемых в нанотехнологиях и наноинженерии для создания приборов с наноразмерной топологией (менее 100 нм). Данные технологии используются для создания сверхбыстродействующих транзисторов, элементов монолитных интегральных схем, «систем на кристалле», квантовых туннельных и оптоэлектронных приборов, СВЧ схем. В то время как современный уровень традиционной кремниевой электроники широко освещен в образовательных программах, в данном курсе сделан акцент на новейшие материалы электроники и наноэлектроники – гетероструктуры, низкоразмерные объекты, такие как квантовые точки, нити, сверхрешетки. Практические занятия проводятся на современном высокотехнологичном оборудовании Научно-образовательного центра по направлению «нанотехнологии» НИЯУ МИФИ.

Курс состоит из 6-ти лекций:

Лекция 1 " Процессы в планарной технологии микро- и наноэлектроники "

Лекция 2 " Технологии микро- и нанолитографии "

Лекция 3 "Металлизация омических и затворных контактов"

Лекция 4 "Плазменные процессы в нанотехнологиях, Осаждение диэлектриков. Травление материалов"

Лекция 5 "Создание транзисторов и монолитно интегрированных микросхем"

Лекция 6 "Особенности технологических приемов для создания нанoeлектронных приборов "

Практические занятия:

Практическое занятие 1: Электронно-лучевая нанолитография

Практическое занятие 2: Планарная технология в микро-и нанoeлектронике.

Практическое занятие 3: Основы фотолитографии

Практическое занятие 4: Электронная растровая микроскопия

2.Реферативное описание содержания лекций (тем), входящих в учебный курс (изложение основных вопросов в заданной последовательности).

Лекция 1 "Процессы в планарной технологии микро- и нанoeлектроники"

Исходные материалы для электроники. Выбор функционального материала в зависимости от параметров прибора. Планарная технология создания микро- и нанoeлектронных приборов. Обзор процессов в планарной технологии микро- и нанoeлектроники : Литография. Травление. Металлизация. Ионная имплантация. Жидкостное химическое и плазмохимическое травление. Межсоединения. Гальваническое наращивание металлов.

Лекция 2 "Технологии микро- и нанолитографии "

Контактная фотолитография. Резисты. Совмещение и экспонирование. Проявление и пост-обработка. Lift-off технология литографии. Электронно-лучевая нанолитография. Многослойные системы резистов для получения трехмерных элементов топологии. Grayscale литография для получения микролинз и других 3D объектов. Предельное разрешение при современных методах литографии.

Лекция 3 " Металлизация омических и затворных контактов "

Омические и барьерные контакты. Металлизация. Технологии электронно-лучевого, резистивного и магнетронного осаждения металлов. Ионная имплантация. Монолитная интеграция элементов. Гальваническое наращивание золота. Межсоединения и сквозные выводы. Элементы микромеханики. Тестирование резистивных и нелинейных элементов схем.

Лекция 4 "Плазменные процессы в нанотехнологиях. Осаждение диэлектриков. Травление материалов "

Плазменно-ионные процессы. Физическое травление. Жидкостное химическое травление для изоляции мезы. Плазмохимическое травление диэлектриков, полупроводников и металлов. ICP и RIT режимы травления. Высокоаспектное травление. Плазмохимическое осаждение диэлектриков. Пассивация. Контроль процессов.

Лекция 5 "Создание транзисторов и монолитно интегрированных микросхем "

Этапы цикла изготовления транзисторов и монолитно-интегрированных схем. Технологический контроль и тестовые модули. Получение интегрированных нормально открытых и нормально закрытых транзисторов.

Лекция 6 "Особенности технологических приемов для создания нанoeлектронных приборов".

Одноэлектронные транзисторы. Туннельно-связанные квантовые точки. Точечные контакты и расщепленные затворы. Квазиодномерные проводники. Приборы на основе графена. Однофотонный излучатель и детектор на основе квантовой точки. Использование жертвенных слоев для создания наноприборов. Использование напряженных эпитаксиальных слоев для получения нанотрубок и спиральных конструкций. Использование фокусированных ионных пучков для создания трехмерных проводников.

3.Количество часов, отводимых на дистанционные и очные части учебных курсов (учебного курса), другие различные виды занятий.

Дистанционные учебные курсы – 26 часов

Очные учебные курсы – 4 часа

Самостоятельная работа – 6 часов

4. Методические рекомендации по реализации учебной программы.

4.1. Формы и виды контроля: тестовые и контрольные вопросы, темы рефератов.

По 5 контрольных вопроса на каждую лекцию.

Тесты для самотестирования.

Написание реферата по одной из трёх тем.

Темы рефератов:

1. Методы нанолитографии.
2. Перспективные приборы квантовой электроники.
3. Применение современных полупроводниковых гетероструктур.

4.2. Учебно-тематический план .

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	
1.	“ Физика и технология наноэлектроники ” Лекция №1 Процессы в планарной технологии микро- и наноэлектроники.	36 ч.	26	6	4	1. Тесты для самотестирования
2.	Лекция №2 Технологии микро- и нанолитографии.					2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)
3.	Лекция №3 Металлизация омических и затворных контактов.					
4.	Лекция №4 Плазменные процессы в нанотехнологиях.					
5.	Осаждение диэлектриков.					

Травление материалов. Лекция №5 Создание транзисторов и монолитно интегрированных микросхем. Лекция №6 Особенности технологических приемов для создания нанoeлектронных приборов					
Итоговый контроль		1. Тесты для само тестирования	2. Контрольные вопросы (электронная зачетка)	3. Реферат	Реферат

4.3. Список литературы (основной и дополнительной), а также других видов учебно-методологических материалов и пособий, необходимых для изучения (конспектов лекций, видеолекций, лазерных дисков и др.).

1. W. Umrath, Fundamentals of vacuum technology, 2001.
2. Г.А. Васильев, Магнито-разрядные насосы, Москва, 1970.
3. А.В. Ерюхин, Основы вакуумных измерений, Москва, 1977.
4. Е.Г. Великанов, С.Ф. Гришин, Л.С. Гуревич, Криогенные насосы, Москва, 1977.
5. В.Г. Дубровский, Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур, Санкт-Петербург, 2006.
6. R. F.C. Farrow, Molecular Beam Epitaxy, U.S.A., 1995.
7. P. Bhattacharya, Properties of III-V quantum wells and superlattices, U.S.A., 1996.
8. Б.И. Шкловский, А.Л. Эфрос, Электронные свойства легированных полупроводников, Москва, 1979.
9. А.В. Кравченко, В.Н. Овсяк, Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности, Новосибирск, 2000.
10. Р. Смит, Полупроводники, Москва, 1982.

Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса на сайте www.nanoobr.ru