

Наименование дисциплины	Процессы микро- и нанотехнологий
Цели освоения дисциплины	
Обобщить знания студентов в области физико-химических процессов, унифицировать знания и умения обучающихся в сфере классификации и выбора оптимального набора процессов обработки сырья и материалов в технологии микро- и наноэлектроники, выработать навыки работы в коллективе (малых группах), повысить уровень их квалификации и мастерства в области профессиональной деятельности, стимулируя их стремление к саморазвитию.	
Место дисциплины в структуре ООП	
Дисциплина « Процессы микро- и нанотехнологий » относится к дисциплинам Блока 1 учебного плана подготовки по направлению « Электроника и наноэлектроника », базируется на результатах изучения	
<ul style="list-style-type: none"> – естественнонаучных дисциплин: «Физика», «Физическая и коллоидная химия»; – дисциплин профиля: «Физика конденсированного состояния»; «Физические основы электроники», «Технология материалов твердотельной электроники» и «Введение в нанотехнологии». 	
Это одна из основных профессиональных дисциплин профиля, так как без знания основ процессов микро- и нанотехнологии невозможна реализация эффективных подходов к разработке и организации технологических процессов в области электронной техники.	
Основное содержание	
Модуль 1. Общие вопросы.	
Понятие технологического процесса, как последовательности стадий обработки материалов. Понятие лимитирующей стадии технологического процесса. Основные технологические параметры, влияющие на скорость, направления процесса и выход готовой продукции. Понятие основных и вспомогательных технологических операций, понятие технологического маршрута. Классификация операций планарно-эпитаксиальной технологии в зависимости от характера воздействия на используемые материалы.	
Модуль 2. Процессы комплексной очистки подложек (пластин), эпитаксиального наращивания слоев и технологии изготовления печатных плат	
Роль и место процессов очистки в технологии микро- и наноэлектроники. Типы загрязнений подложек в технологии микро и наноэлектроники. Специфика комплексной очистки на различных стадиях технологического процесса. Рекомендации по оптимальному использованию жидкостных и сухих методов очистки. Типовые рецептуры жидкостных отмывочных сред и газовых смесей, используемых на производстве. Методы контроля чистоты поверхности. Процессы в технологии изготовления однослойных (односторонних, двухсторонних) и многослойных печатных плат. Поэтапное описание технологии изготовления печатных плат.	
Понятие эпитаксиального процесса как основной технологической операции планарной технологии. Классификация эпитаксиальных процессов по типу растущего эпитаксиального слоя: гомоэпитаксия (автоэпитаксия), гетероэпитаксия, хемоэпитаксия; по способу его получения: газофазная, жидкостная, молекулярно-пучковая эпитаксии, эпитаксия их металлоорганических соединений. Особенности, области применения и физико-химическая сущность каждого из классификационных типов эпитаксиальных процессов. Легирование растущих эпитаксиальных слоев. Основные методы контроля толщины эпитаксиальных слоев.	
Модуль 3. Процессы формирования диэлектрических слоев.	
Назначение и место слоев диоксида, нитрида, карбида и оксинитрида кремния, в также примесно-силикатных стекол и технологии микро- и наноэлектроники. Возможности различных типов диэлектрических пленок выполнять функции маскирующих, изолирующих и пассивирующих слоев в зависимости от их толщины, химического строения и технологии получения. Сравнительный анализ и физико-химическая сущность процессов формирования диэлектрических слоев за счет материала кремниевой подложки (термическое и плазменное окисление кремния), а также за счет осаждения материала слоя, поступающего из газовой фазы (пиролитическое и плазмохимическое осаждение). Факторы, влияющие на скорость роста пленки и ее физико-электрические параметры (плотность, диэлектрическую постоянную, удельное сопротивление, электрическую прочность,	

упругие напряжения в слое, количество дефектов и проколов). Рекомендации по оптимальному проведению процессов формирования диэлектрических слоев на различных этапах технологического процесса. Методы контроля толщины и электрических параметров диэлектрических слоев.

Модуль 4. Процессы формирования топологии элементов в технологии микро- и наноэлектроники.

Назначение и место литографических процессов в технологии полупроводниковых приборов, ИМС и печатных (коммутационных) плат. Фотолитография как непрерывный цикл последовательных операций нанесения, сушки, экспонирования, проявления и задубливания фоторезиста с последующим формированием маски в технологическом слое. Понятие технологического слоя. Физико-химическая сущность и технологические параметры проведения процессов литографического цикла. Основные законы фотохимии, физико-химические свойства и типы фоторезистов, способы совмещения фотошаблона с подложкой, особенности экспонирования и основные источники возникновения брака при фотолитографии. Фотошаблоны, требования к ним, методы изготовления фотошаблонов, удаление фоторезиста. Усовершенствования традиционного способа фотолитографии, литография в жестком ультрафиолете, многослойные пленки резистов, обратная фотолитография. Электролитография, рентгенолитография, ионолитография, их области применения, преимущества (недостатки) по сравнению с фотолитографией, особенности резистов и шаблонов, стереолитография, нанолитография.

Модуль 5. Процессы формирования в подложке областей с различными электрофизическими характеристиками.

Процессы формирования легированных областей в полупроводниковых подложках методом термической диффузии, классификация процессов высокотемпературной диффузии, области применения высокотемпературной диффузии, преимущества и недостатки, физические основы процесса диффузии, факторы, влияющие на эффективность внедрения примеси в объем полупроводниковых материалов, механизмы высокотемпературной диффузии, модели диффузионных процессов, критерии выбора диффузанта.

Ионное внедрение примеси в объем полупроводниковых подложек, источники ионов, системы формирования и сепарации ионных пучков, профиль распределения внедренных ионов, применения ионного легирования в технологии микро- и наноэлектроники; термический и корпускулярно-лучевой отжиг; сравнительный анализ процессов ионного легирования и высокотемпературной диффузии.

Методы контроля глубины залегания легированных областей и профиля распределения внедренной примеси.

Формируемые компетенции

- способность выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники (ПК-8)

Образовательные результаты

Знание: определение технологического процесса; стадии обработки полупроводниковых пластин; понятие лимитирующей стадии технологического процесса; перечень технологических параметров, влияющие на скорость, направление процесса и выход готовой продукции; определение основных и вспомогательных технологических операций; определение технологического маршрута; классификацию операций планарно-эпитаксиальной технологии; типы загрязнений полупроводниковых подложек и их источники; последовательность комплексной очистки подложек на различных стадиях технологического процесса; рецептуры жидкостных отмывочных сред и газовых смесей, используемых на производстве; неразрушающие методы контроля чистоты поверхности; определения гомоэпитаксии (автоэпитаксии), гетероэпитаксии, хемоэпитаксии, газофазной, жидкостной, молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии их металл-органических соединений; физико-химические особенности легирования эпитаксиальных слоев; основные методы контроля толщины эпитаксиальных слоев; классификацию и физико-химическую сущность процессов формирования диэлектрических (маскирующих, изолирующих и пассивирующих) слоев в технологии микро- и наноэлектроники; определения пиролитического и плазмохимического осаждения из газовой фазы; рекомендации по оптимальному проведению процессов формирования диэлектрических слоев на различных этапах технологического процесса; методы контроля толщины

и электрических параметров диэлектрических слоев; назначение и характеристики литографических процессов в технологии полупроводниковых приборов, ИМС и печатных (коммутационных) плат; назначение, свойства и типы резистов (фоторезистов) в технологии микро- и нанoeлектроники; операции нанесения, сушки, экспонирования, проявления, задубливания и удаления резиста (фоторезиста); определение технологического слоя; физико-химические характеристики и технологические параметры проведения процессов литографического цикла; способы совмещения фотошаблона с подложкой, источники возникновения брака при фотолитографии; требования к шаблонам, методы их изготовления; определения, возможности и области применения современных видов литографии (электронолитография, рентгенолитографии, ионолитографии); назначение, характеристики, физические основы и области применения процессов формирования легированных областей в полупроводниковых подложках методом термической диффузии и ионного внедрения примеси; факторы, влияющие на эффективность внедрения примеси в объем полупроводниковых материалов, механизмы и модели высокотемпературной диффузии и ионного внедрения примеси; критерии выбора диффузантов; типы и конструкционные особенности ионных источников; методы контроля глубины залегания легированных областей и профиля распределения внедренной примеси; систему отчетной документации, сопровождающей технологический процесс; инструкции по эксплуатации базового технологического оборудования.

Умение: работать в коллективе (малых группах) при решении профессиональных задач; выполнять работы по технической подготовке производства материалов и изделий электронной техники; классифицировать стадии обработки полупроводниковых пластин; выделять лимитирующие стадии технологического процесса; подбирать оптимальные параметры технологических процессов; отличать основные и вспомогательные технологические операции; компоновать технологический маршрут и разрабатывать инструкции по использованию технологического оборудования; классифицировать операции планарно-эпитаксиальной технологии, типы загрязнений полупроводниковых подложек и их источники; выполнять комплексную очистку подложек на различных стадиях технологического процесса; правильно применять жидкостные отмывочные средства и газовые смеси, проводить контроль чистоты поверхности полупроводниковых пластин и монокристаллических слитков с использованием неразрушающих физико-химических методов; выбирать режимы и параметры проведения гомоэпитаксиальных (автоэпитаксиальных), гетероэпитаксиальных, хемоэпитаксиальных, газофазных и жидкостных процессов; предсказывать результаты легирования эпитаксиальных слоев; применять на практике методы контроля толщины эпитаксиальных слоев; формировать на подложках диэлектрические слои; оптимизировать параметры пиролитического и плазмохимического осаждения диэлектрических и полупроводниковых слоев из газовой фазы; владеть методикой контроля толщины и электрических параметров диэлектрических слоев; выбирать режимы и параметры литографических процессов в технологии производства полупроводниковых приборов, ИМС и печатных (коммутационных) плат; подбирать необходимый тип резиста (фоторезиста) в технологии микро- и нанoeлектроники; оптимизировать процессы (операции) нанесения, сушки, экспонирования, проявления, задубливания и удаления резиста (фоторезиста), совмещения фотошаблона с подложкой; минимизировать вероятность возникновения брака; формировать легированные области в полупроводниковых подложках методом термической диффузии и ионного внедрения примеси и осуществлять между ними аргументированный выбор; выбирать диффузанты; применять методы контроля глубины залегания легированных областей и профиля распределения примеси;

Владение: навыками работы в коллективе (малых группах) при решении профессиональных задач; алгоритмами работы по технической подготовке производства материалов и изделий электронной техники, компоновке технологических маршрутов и разработке инструкций по использованию технологического оборудования, выполнению комплексной очистки подложек, выбора жидкостных отмывочных средств и газовых смесей, контроля чистоты поверхности полупроводниковых пластин и монокристаллических слитков с использованием неразрушающих физико-химических методов, выбора режимов и параметров проведения гомоэпитаксиальных (автоэпитаксиальных), гетероэпитаксиальных, хемоэпитаксиальных, газофазных и жидкостных процессов, легирования эпитаксиальных слоев и контроля их толщины, формирования на подложках диэлектрических слоев, проведения процессов пиролитического и плазмохимического осаждения из газовой фазы; методикой контроля толщины и электрических параметров диэлектрических слоев; практическими

АННОТАЦИИ ДИСЦИПЛИН ООП ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ

ПО НАПРАВЛЕНИЮ 11.03.04 – Электроника и наноэлектроника,

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ – Микроэлектроника и твердотельная электроника

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ – ОЧНАЯ

СРОК ОСВОЕНИЯ ООП – 4 ГОДА

навыками при подборе необходимого типа резиста (фоторезиста) в технологии микро- и наноэлектроники, проведении процессов нанесения, сушки, экспонирования, проявления, задубливания, удаления резиста (фоторезиста), совмещения фотошаблона с подложкой и выявлении брака; алгоритмами работы по формированию легированных областей в полупроводниковых подложках методом термической диффузии и ионного внедрения примеси, выбору диффузантов; методами контроля глубины залегания легированных областей и профиля распределения примеси.

Взаимосвязь дисциплины с профессиональной деятельностью выпускника

Освоение дисциплины обеспечивает решение выпускником задач будущей профессиональной деятельности в следующих областях: производственно-технологической, научно-исследовательской.

Ответственная кафедра

Кафедра технологии приборов и материалов электронной техники

Начальник УМУ _____



Н.Е. Гордина