

Наименование дисциплины	Математическое моделирование технологических процессов
Цели освоения дисциплины	
изучение современных систем математического моделирования и оптимизации технологических процессов, позволяющих глубже понимать сущность процессов, используемых в производстве изделий твердотельной электроники, а также планирования экспериментальной работы и обработки экспериментальных данных с использованием электронно-вычислительных машин	
Место дисциплины в структуре ООП	
Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов» относится к дисциплинам Блока 1 учебного плана подготовки по данному профилю. Она базируется на результатах изучения естественнонаучных дисциплин, в том числе математики, физики, информатики, а так же дисциплин профиля: «Технология материалов твердотельной электроники», «Технология тонких пленок и покрытий», «Техника высокого вакуума», «Процессы микро- и нанотехнологий».	
Основное содержание	
Модуль 1. Математическое моделирование. Элементы регрессионного анализа и планирования эксперимента. Моделирование технологических процессов, основные понятия и свойства технологических систем, классификация моделей; понятие о вычислительном технологическом эксперименте, регрессионный анализ при пассивном и активном факторном эксперименте, построение регрессионных моделей; оптимизация технологических процессов.	
Физическое моделирование. Математическое моделирование. Построение математических моделей. Алгоритмизация математических моделей. Адекватность математических моделей реальным объектам.	
Модуль 2. Работа с математической системой Mathcad. Вычисление и математический анализ, форматирование объектов, графическая визуализация, символьные вычисления, функции пользователя и рекурсивные функции, модульное программирование, работа с массивами, векторами и матрицами, векторные и матричные функции, сохранение и использование данных.	
Применение численных методов. Решение линейных, нелинейных уравнений и их систем. Решение дифференциальных уравнений (задача Коши, краевая задача).	
Методы обработки экспериментальных данных. Функции сглаживания. Интерполяция (линейная, сплайновая, глобальная) и экстраполяция. Аппроксимация экспериментальных данных. Статистическая обработка данных.	
Модуль 3. Теоретические основы процесса диффузии примесей. Методы моделирования процесса диффузии примесей. Основные механизмы диффузии примесей в кристаллической решетке. Связанная диффузия. Коэффициент диффузии, зависимость от температуры и концентрации носителей. Модель связанной диффузии, основные уравнения. Граничные и начальные условия в моделировании диффузии. Моделирование кластеризации примеси. Особенности диффузии различных типов примеси. Взаимное влияние примесей в процессе диффузии. Неравновесные эффекты при диффузии, двумерное моделирование диффузионных процессов, диффузия при низкой и высокой концентрации примеси, система моделирования диффузионных процессов методом конечных элементов.	
Модуль 4. Теоретические основы процесса ионной имплантации. Методы моделирования процесса ионной имплантации. Ионная имплантация, механизмы торможения ионов. Теория Линдхарда-Шарффа-Шлотта, диффузионная модель Бирсака. Эффект каналирования. Системы координат при моделировании ионной имплантации.	

Моделирование ионной имплантации методом Монте-Карло. Аналитические аппроксимации распределения ионов. Функции Гаусса. Распределения Пирсона-IV. Аналитические аппроксимации распределения ионов, учитывающие эффект каналирования. Распределения постимплантационных дефектов. Особенности моделирования ионной имплантации в многослойных мишенях. Эффект распыления мишени. Имплантация и распыление; боковое уширение распределения ионов, диффузионные эффекты; отжиг имплантированных структур.

Модуль 5. Теоретические основы процесса окисления кремния. Методы моделирования процесса термического окисления. Термическое окисление кремния. Модель Дила-Гроува, вывод основного уравнения. Константы линейного и параболического роста. Начальный этап процесса окисления. Механизмы возникновения механических напряжений. Основные этапы численного моделирования процесса окисления. Влияние окислительной атмосферы на процесс диффузии. Моделирование диффузии в присутствии подвижных границ. Моделирование сегрегации примеси. Модель Массуда. Моделирование двумерного окисления.

Формируемые компетенции

- способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2)

Образовательные результаты

знать: методы идентификации математических описаний технологических процессов на основе экспериментальных данных; методы построения эмпирических (статических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов; основы программирования на языке высокого уровня.

уметь: применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач моделирования процессов химической технологии; применять полученные знания при компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы приборов и устройств твердотельной электроники; проводить планирование эксперимента и обработку экспериментальных данных; технически грамотно обосновать алгоритм и разработать программу управления технологическим процессом, обеспечивающим заданные параметры изделия.

владеть: методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов; информацией об областях применения и перспективах развития материалов твердотельной электроники и приборов на их основе; навыками работы на современных персональных ЭВМ.


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