

Первый семестр.

1. Введение.

Предмет и содержание дисциплины. Основные этапы и тенденции развития полупроводниковой электроники и полупроводникового материаловедения. Роль и место гетероструктур и наноструктур в полупроводниковом приборостроении. Основные разновидности современных эпитаксиальных технологических методов.

2. Полупроводниковые соединения в микро- и оптоэлектронике.

Полупроводники. Классификация соединений. Основные кристаллохимические, термодинамические и электрические свойства соединений A^3B^5 , A^2B^6 . Особенности зонной структуры. Типы и поведение примесей. Собственные дефекты структуры. Взаимодействие примесей и собственных дефектов. Вытекающие из свойств предпочтительные применения: оптоэлектроника, микроэлектроника, спинтроника. Методы синтеза и выращивания монокристаллов. Материалы для подложек.

3. Квазибинарные твердые растворы изовалентного замещения.

Критерии непрерывной растворимости. Зависимости свойств от состава, закономерности трансформации зонной структуры, прогиб зон. Модельные представления статистически неупорядоченных систем. Приближение виртуального кристалла и приближение ковалентного радиуса (модель Полинга).

4. Многокомпонентные твердые растворы.

Квазитройные и четырехкомпонентные твердые растворы. Особенности термодинамического описания. Полиэдрация фазового пространства. Расчет основных параметров материалов методами интерполяции. Изопериодичные разрезы и условия изопериодного замещения. Закономерности изменения свойств изопериодных твердых растворов соединений A^3B^5 , A^2B^6 .

5. Гетерогенные равновесия в технологии гетероструктур.

Роль гетерогенных равновесий в процессах эпитаксии. Термодинамические модели растворов: модель идеального раствора, модель регулярного раствора и ее модификации. Квазихимическое приближение. Модель «дельта-параметра решетки». Аналитическое описание фазовых равновесий.

6. Критические явления и термодинамическая неустойчивость в твердых растворах.

Несмешиваемость и спинодальный распад. Критерии термодинамической устойчивости твердых растворов. Расчет спинодальных изотерм и областей несмешиваемости в квазибинарных, тройных и четырехкомпонентных системах. Когерентная спинодаль и индуцированная устойчивость. Модуляция состава твердых растворов. Экспериментальные методы определения границ областей несмешиваемости. Примеры метастабильных фаз.

7. Получение гетероструктур методом молекулярно-пучковой эпитаксии.

Принципиальные возможности метода. Специфика сверхвысоковакуумного технологического оборудования. Схема ростовой камеры. Метрологическое обеспечение процесса. Конструкции эффузионных ячеек. Теория испарения и конденсация вещества в вакууме. Термодинамическая модель МПЭ и границы ее применимости. Анализ процессов на основе Р-Т-х диаграмм состояния. Соотношение термодинамики и кинетики при эпитаксии полупроводниковых соединений и твердых растворов на их основе. Методы учета кинетических факторов. Расчет составов и скорости осаждения слоев. Закономерности легирования слоев. Сегрегационные процессы на поверхности роста. Эпитаксия с повышенной миграцией атомов. Дискретная субмонослойная эпитаксия. Способы формирования гетеровалентных интерфейсов. Плазменная активация молекулярных потоков.

Литература

1. Ж.И. Алферов. *История и будущее н.п. гетероструктур* - ФТП, **32**, 3(1998).
2. Х. Кейси, М. Паниш. *Лазеры на гетероструктурах* - М., Мир, 1981. (2 тома).
3. *Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы.* /Под ред. В.В. Лучинина, Ю.М. Таирова, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006
4. В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева, *Материалы и элементы электронной техники.* В 2-х т. Т. 1. *Проводники, полупроводники, диэлектрики.* М.: Академия, 2006. 440 с.
5. Л. Ченг, К. Плуг. *Молекулярно-лучевая эпитаксия и гетероструктуры.*- Пер. с англ., под ред. Ж.И. Алферова, Ю.В. Шмарцева- М.: Мир, 1989.
6. М. Херман. *Полупроводниковые сверхрешетки.* - М.: Мир 1989.
7. *Нанотехнологии в электронике.* /Под ред. Ю.А. Чаплыгина, М.: Техносфера, 2005
8. А.И. Лебедев, *Физика полупроводниковых приборов.*/ М.:ФИЗМАТЛИТ, 2008
9. К. Takahashi, А. Yoshikawa, А. Sandhu, *Wide Bandgap Semiconductors*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.