

Краткая неофициальная версия программы учебной дисциплины

Название дисциплины	Введение в физику поверхности
Автор(ы) программы	Лектор курса д.ф.-м.н А.М.Ионов.
Курс	3 курс
Модули	1 модуль
Объём курса	1 лекция или семинар в неделю.
Элементы контроля	еженедельные домашние работы, две контрольные работы, устный экзамен

1. Аннотация курса

Цели: дать современные знания о поверхности как специфическом объекте исследования, необходимые для решения физических и материаловедческих задач, совершенствования существующих и создания новых (в том числе нано-) материалов.

Задачи: формирование знаний о кристаллографическом описании поверхности; изучение методов исследования химического состава и структуры поверхности материалов; знакомство с атомной структурой поверхности и научными представлениями о физических явлениях, связанных с поверхностью; изучение взаимосвязи структуры и свойств поверхности со свойствами составляющих ее атомов; формирование знаний о природе явлений, происходящих при образовании тонких плёнок и других наноразмерных твёрдотельных образований.

2. Программа курса

- 1. Введение.** Роль поверхности в различных физико-химических процессах. Физика и техника сверхвысокого вакуума. Методы получения атомарно-чистой поверхности: термическая десорбция; ионное травление; каталитические реакции; напыление; скол в вакууме.
- 2. Основы двумерной кристаллографии.** Двумерные решетки. Индексы Миллера плоскостей кристалла. Индексы направлений. Описание структуры поверхности. Двумерная обратная решетка. Атомная структура поверхности. Релаксация, реконструкция, их механизмы. Связь физических свойств поверхности с ее структурой. Структурные дефекты поверхности. Дифракционные методы исследования поверхности. Дифракция медленных и быстрых электронов (ДМЭ. ДОБЭ). Рентгеновская дифракция под скользящими углами. Фотоэлектронная дифракция
- 3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.** Физические основы метода, особенности эксперимента и оборудование. Ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия. Исследования с применением синхротронного излучения. Резонансная фотоэмиссия
- 4. Методы и принципы ионной спектроскопии.** Масс-спектроскопия вторичных ионов: физические основы метода, особенности эксперимента и оборудование. Термодесорбционная спектроскопия. Зондовые методы исследования поверхности. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. ИК и

рамановская спектроскопия.

5. **Электронная Оже-спектроскопия.** Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.
6. **Электронная структура и свойства поверхности.** Поверхностные электронные состояния. Пространственное распределение потенциала и электронной плотности на поверхности металла, осцилляции Фриделя. Поверхностные плазмоны. Работа выхода и ее составные части. Методы измерения работы выхода.
7. **Адсорбция и десорбция.** Гетерогенные системы. Межфазная граница. Явления на границе раздела фаз твердое тело-газ. Физическая и химическая адсорбция. Моно-и полимолекулярная адсорбция. Модель адсорбции Ленгмюра. Адсорбционно-десорбционное равновесие. Типы химической связи при хемосорбции. Энергия активации и теплота адсорбции. Диссоциативная адсорбция. Хемосорбция на неоднородной поверхности. Десорбция, поверхностная диффузия. Адсорбция и десорбция.
8. **Диффузия на поверхности твердых тел.** Основные уравнения диффузии (случайное блуждание и законы Фика). Диффузия отдельного атома и химическая диффузия. Собственная диффузия и диффузия массопереносом. Анизотропия поверхностной диффузии. Атомные механизмы поверхностной диффузии. Экспериментальное изучение поверхностной диффузии.
9. **Рост и структура тонких пленок.** Рост пленок по механизму Фольмера и Вебера. Модели образования зародышей. Кинетика роста изолированного островка и в ансамбле. Кинетика поздних стадий роста пленки. Рост пленок по механизму Франка и Ван дер Мерве. Критическая толщина псевдоморфного слоя и его структура. Механизм релаксации упругих деформаций псевдоморфного слоя. Кинетическая модель слоевого роста. Барьер Швевеля. Структурные превращения при росте пленок по Крастанову и Странскому. Структура пленок. Аморфные, поликристаллические и монокристаллические пленки. Дефекты. Несоответствие решеток на границе раздела. Методы роста тонких пленок в вакууме.

3. Элементы контроля и правила оценивания

Элементы контроля:

- контрольная домашняя работа с решением задач;
- устный семинар-коллоквиум с ответом на вопросы (проводится в конце модуля);
- устный экзамен в формате ответа по билетам .

Правила выставления оценки:

- контрольная домашняя работа с решением задач - 2 балла
- устный семинар-коллоквиум с ответом на вопросы - 2 балла
- устный экзамен в формате ответа по билетам - 6 баллов

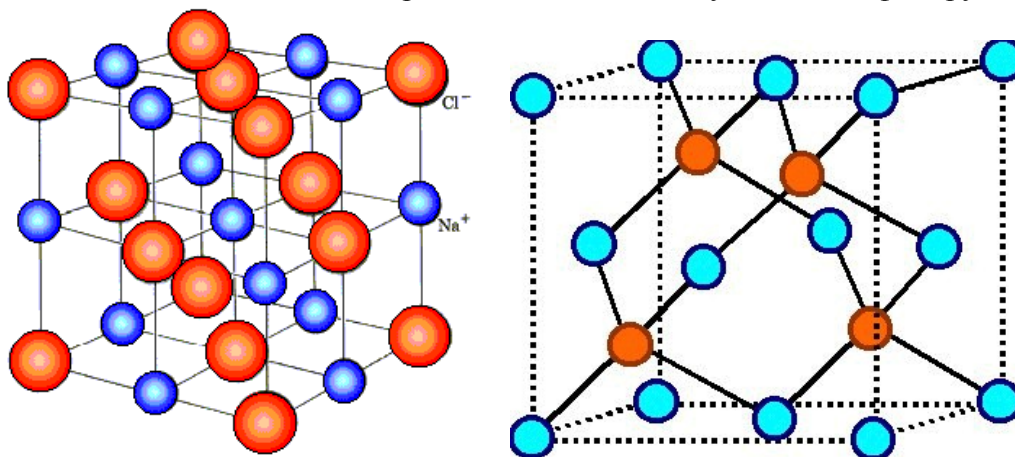
Оценки за отдельные элементы контроля выставляются экспертным мнением преподавателя и могут быть дробными. Итоговая суммарная оценка округляется по арифметическим правилам.

4. Примеры заданий элементов контроля

Пример задачи контрольной работы

На рисунке ниже показана объемная кубическая ячейка для NaCl и GaAs.

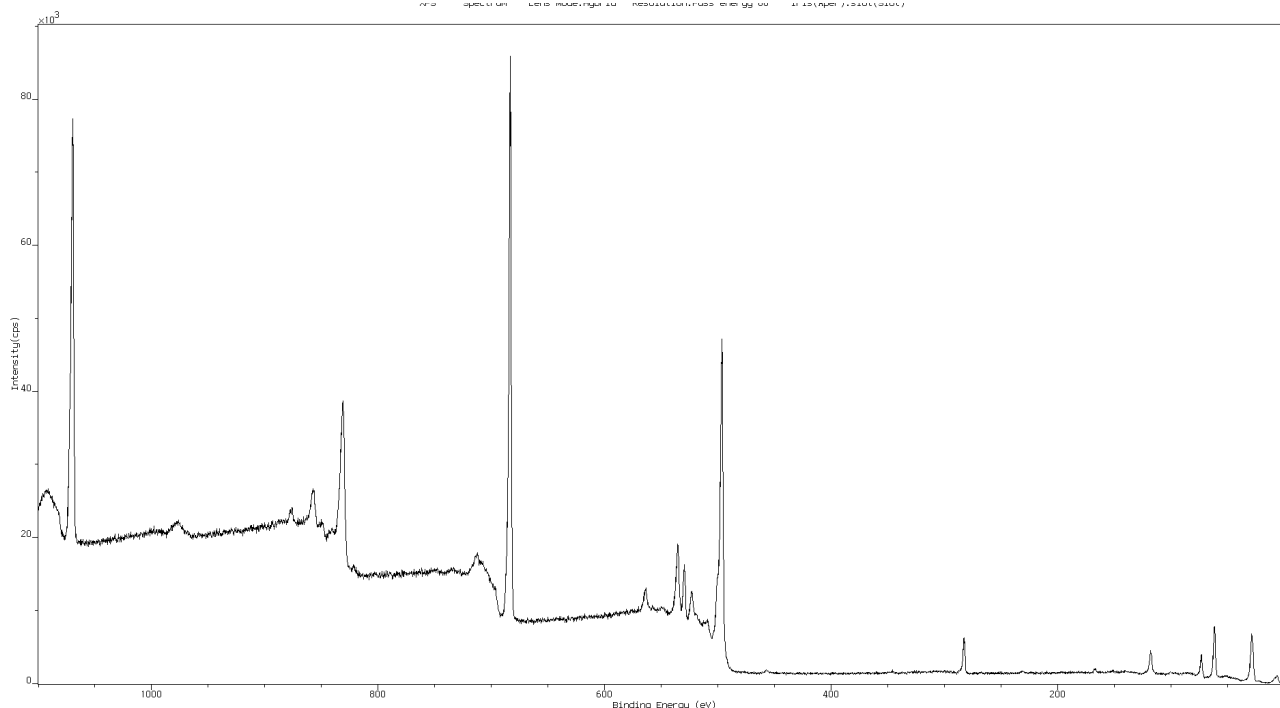
Для каждой из этих структур нарисуйте геометрию поверхности (111). Также укажите местоположение атомов во втором слое. В каждом случае идентифицируйте разные атомы.



Как вы понимаете, каждая из этих поверхностей имеет высокую энергию из-за связей, которые необходимо разорвать, чтобы создать поверхность. Прокомментируйте, какая поверхность может иметь более высокую энергию (и почему), и предложите атомную перестройку поверхности, которая может уменьшить поверхностную энергию. Какие плоскости спайности (по которым кристалл может раскалываться) можно предположить в этих случаях?

Пример задания для коллоквиума

Расшифровать состав соединений используя таблицы и каталог РФЭС спектров, обосновать анализ.



Пример экзаменационного билета

- Методы и принципы ионной спектроскопии. Масс-спектропия вторичных ионов: физические основы метода
- Физическая и химическая адсорбция. Межмолекулярные взаимодействия при физической адсорбции. Моно-и полимолекулярная адсорбция. Модель адсорбции Ленгмюра. Адсорбционно-десорбционное равновесие.

5. Рекомендованная литература и ссылки по теме

5.1. Основной список

1. К.Оура, В.Г.Лифшиц, А.А.Саранин, А.В.Зотов, М.Катаяма Введение в физику поверхности, Москва, Наука, 2006 г.
2. Д.Вудраф, Т.Делчар. Современные методы исследования поверхности. М., Мир, 1989.
3. Л.Фелдман, Д.Майер. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М., Мир, 1989.

5.2. Дополнительный список

1. А.Р.Шульман, С.А.Фридрихов. Вторично-эмиссионные методы исследования твердого тела. М., Наука, 1977.
2. Л. Фирменс, Дж. Вэнник, В. Декейсер. Электронная и ионная спектроскопия твердых тел. Мир, 1981.
3. Surface and Interfaces of Solids by Hans Luth Springer-Verlag 1993