

Современные наноструктурные материалы

Случинская И. А., доцент, к.ф.-м.н., кафедра полупроводников

1. Введение. Структура и свойства наноструктурных материалов.

Особенности наноматериалов.

Основные физические причины специфики наноматериалов.

Свойства наноматериалов: физические, химические, механические.

Принципы классификации наноматериалов: по геометрическим параметрам их структуры; по составу, распределению и форме структурных составляющих; по физическому принципу; по происхождению и топологии.

2. Нанопорошки.

Особенности структуры. Свойства.

Методы получения. Характерные особенности. Механические методы. Физические методы. Химические методы.

Применение нанопорошков.

3. Углеродные наноструктуры

Аллотропные модификации углерода: алмаз, графит, лонсдейлит, карбин, аморфный углерод, графен, углеродная нанотрубка, фуллерен.

Алмазные пленки.

4. Графен

Химическая связь, структура, зонная структура.

Свойства графена и перспективы его применения. Механические свойства. Электрические свойства. Оптические свойства. Магнитные свойства. Химические свойства. Влияние механических деформаций на свойства графена.

Двухслойный графен.

Графеновые наноленты.

Методы получения графена. Устойчивость двумерных кристаллов. Создание графена. Механическое расщепление графита. Жидкофазное расслоение графита. Химическое получение. Окисление графита. Химическое осаждение паров. Получение графена в электрической дуге. Термическое разложение карбида кремния. Эпитаксиальное выращивание графена на металлической поверхности.

Некоторые применения графена. Графеновая подложка. Прозрачные проводящие покрытия. Графеновые транзисторы. Графеновые композитные материалы.

Углеродоподобные двумерные кристаллы.

Гетероструктуры на основе двумерных материалов.

5. Углеродные нанотрубки

Одностенные нанотрубки: структура, хиральность, связь с электронными свойствами.

Многостенные нанотрубки.

Свойства углеродных нанотрубок и перспективы их применения. Механические свойства. Электрические свойства. Магнитные свойства. Квантовые свойства. Полевая эмиссия и экранирование. Эффект свечения нанотрубок. Электромеханические свойства. Оптические свойства. Капиллярные свойства. Свойства легированных нанотрубок. Изменение свойств УНТ при адсорбции чужеродного атома или молекулы.

Методы получения нанотрубок. Дуговой синтез. Лазерный синтез. Пиролиз углеводородов. Контролируемый рост нанотрубок. Управляемый рост массивов УНТ на подложке. Очистка и раскрытие нанотрубок.

Применение углеродных нанотрубок. Углеродная нанотрубка – зонд АСМ. Переключающее устройство из УНТ для компьютера. Полевой транзистор на основе однослойной углеродной нанотрубки. Химические сенсоры на основе УНТ. Механическое упрочнение. Углеродные нанотрубки как защитные экраны.

Углеродоподобные нанотрубки.

6. Фуллерены.

Структура фуллеренов: C₆₀ и C₇₀. Правило изолированных пентагонов.

Фуллериты: C₆₀ и C₇₀. Ориентационная структура C₆₀.

Свойства фуллеренов. Электронные свойства. Электрические и структурные свойства. Оптические свойства. Химические свойства.

Структуры на основе фуллерена. Потенциальные области применения. Химия фуллеренов. Фуллерены – новые полупроводниковые и наноконструкционные материалы. Транзистор на одной молекуле фуллерена. Фуллерены – новые сверхпроводники. Фуллерены – новые материалы для нелинейной оптики. Фуллерены – прекурсоры для роста алмазных пленок и пленок карбида кремния. Полимеризация фуллеренов. Фуллерены – материал для литографии. Фуллерены – основа для производства аккумуляторных батарей. Использование фуллеренов в медицине и фармакологии. Фуллерены – основа для производства уникальных смазочных материалов.

Основные методы получения фуллеренов. Возгонка. Пиролиз углеводородов. Методы получения и разделения фуллеренов. Получение высших фуллеренов.

Углеродоподобные фуллерены.

7. Наноструктурированные материалы

Пористый кремний.

Кремний и история получения пористого кремния.

Методы получения пористого кремния. Модельные представления о причинах образования пор. Основные характеристики пористого материала.

Свойства.

Применение.

Пористый оксид алюминия. Образование пор. Свойства и применение.

Пористые оксиды тугоплавких металлов. Оксид титана. Оксид вольфрама. Оксид гафния. Оксид циркония

8. Ленгмюровские молекулярные пленки. Общие сведения.

Перенос монослоев на твердые тела. Нарастивание мультислоев. Вещества, используемые для нанесения мультислоев.

Некоторые свойства ленгмюровских пленок.

Основная литература

1. Борисенко В.Е., Воробьева А.И., Данилюк А.Л., Уткина Е.А. Наноэлектроника: теория и практика. М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2013.
2. <https://ru.wikipedia.org>. Графен.
3. <https://refdb.ru/look/1906648-p3.html>
4. Л. А. Чернозатонский, П. Б. Сорокин. Углеродные нанотрубки: от фундаментальных исследований к нанотехнологиям. Под. ред. Ю.Н. Бубнова. М.: Наука, 2007. с. 154-174.
5. А. В. Елецкий. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства. УФН, т. 172, № 4, с. 401, 2002.
6. Т. Л. Макарова, И. Б. Захарова. Электронная структура фуллеренов и фуллеритов. С.Петербург. Изд-во «Наука», 2001.
7. Л. Н. Сидоров, И. Н. Иоффе. Эндоедральные фуллерены // Соросовский образовательный журнал. № 8, с.31, 2001.
8. В. В. Трегулов. Пористый кремний: технология, свойства, применение. Рязань, 2011.
11. <https://ru.wikipedia.org>. Пористый кремний.
9. Случинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников. М.: МИФИ, 2002.