

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Нанотехнологии и перспективные материалы»

Физический факультет

Кафедра компьютерной физики

Исследование наноматериалов методами сканирующей зондовой микроскопии

Экзаменационные материалы

Шишкин Е.И.
Николаева Е.В.

Подпись руководителя ИОНЦ
Дата

**Екатеринбург
2008**

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Основные понятия и определения: нанонаука, нанотехнология, наноматериалы, наноинженерия, наноструктурированные материалы. Классификация нанообъектов по величине пространственной размерности. Общие закономерности поведения нанообъектов.

2. Сравнительные характеристики различных микроскопических методов (оптическая микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая зондовая микроскопия). История развития сканирующей зондовой микроскопии. Классификация методов сканирующей зондовой микроскопии.

3. Общее устройство и принципы работы сканирующих зондовых микроскопов: зондовые датчики, сканирующие элементы, типы взаимодействия, роль обратной связи.

4. Основные типы сканирующих элементов и механизмов подвода и перемещения зонда относительно поверхности образца. Методы защиты сканирующих зондовых микроскопов от механических вибраций, акустического воздействия и термических дрейфов.

5. Физические основы сканирующей туннельной микроскопии. Туннельный эффект в квази-классическом приближении. Туннельный ток в системах металл-диэлектрик-металл и металл-диэлектрик-полупроводник. Ограничения сканирующей туннельной микроскопии.

6. Устройство и принцип работы сканирующего туннельного микроскопа. Режимы постоянного тока и постоянной высоты, реализация атомарного разрешения, методы изготовления зондов.

7. Сканирующая туннельная спектроскопия и другие методики измерений, основанные на сканирующей туннельной микроскопии: измерение локальной работы выхода и распределения плотности электронных состояний, измерение кривых подвода и оценка качества зондов.

8. Кантилеверы – зондовые датчики для атомно-силовой микроскопии: основные типы, технология изготовления, геометрические и механические свойства.

9. Потенциал взаимодействия зонда с образцом в атомно-силовой микроскопии. Зависимость силы взаимодействия от расстояния между зондом и образцом – контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы атомно-силовой микроскопии.

10. Особенности силового взаимодействия зонда с поверхностью – основные типы взаимодействия. Динамика кантилевера под действием нормальных, продольных и поперечных сил. Основные типы взаимодействия зонда с поверхностью.

11. Устройство и принцип работы сканирующего зондового микроскопа в режиме контактной атомно-силовой микроскопии. Режимы постоянной высоты и постоянной силы, реализация атомарного разрешения. Ограничения методики контактной атомно-силовой микроскопии.

12. Исследование механических свойств материалов с помощью контактной атомно-

силовой микроскопии. Микроскопия сил трения. Микроскопия модуляции силы. Атомно-силовая акустическая микроскопия.

13. Теория механических колебаний кантилевера. Зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний кантилевера от расстояния между зондом и образцом. Бесконтактный и полуконтактный режимы колебаний кантилевера.

14. Устройство и принцип работы сканирующего зондового микроскопа в бесконтактном и полуконтактном режимах атомно-силовой микроскопии. Метод отображения фазы. Преимущества и недостатки бесконтактной и полуконтактной методик по сравнению с контактной атомно-силовой микроскопией.

15. Параметры, влияющие на качество и пространственное разрешение изображений, получаемых с помощью сканирующей зондовой микроскопии, источники искажений и артефактов. Искажения, обусловленные несовершенством сканирующих элементов, и методы их компенсации. Влияние формы зондов на качество изображений, эффект конволюции.

16. Исследование магнитных свойств материалов методом магнитной силовой микроскопии. Особенности взаимодействия зонда, имеющего магнитное покрытие, с магнитным полем образца, проблема топографических артефактов и качество получаемых изображений.

17. Реализация двухпроходных магнитных методик. Квазистатические и колебательные методики магнитной силовой микроскопии.

18. Исследование электрических свойств материалов с помощью сканирующей зондовой микроскопии. Зондовые датчики для электрических методик измерения. Электромеханическое взаимодействие между кантилевером и образцом в контактном режиме. Факторы, определяющие пространственное разрешение, достижимое в контактных электрических методиках.

19. Контактные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии: сканирующая микроскопия сопротивления растекания и контактная сканирующая емкостная микроскопия. Основные принципы реализации, измеряемые величины, примеры использования.

20. Контактные электрические методики сканирующей зондовой микроскопии: силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика и сканирующая микроскопия нелинейной диэлектрической проницаемости. Основные принципы реализации, измеряемые величины, примеры использования.

21. Реализация электрических двухпроходных методик сканирующей зондовой микроскопии в бесконтактном и полуконтактном режимах. Особенности вынужденных колебаний кантилевера при электростатическом взаимодействии зонда с поверхностью при приложении постоянного и переменного электрического напряжения между зондом и образцом. Электрическая силовая микроскопия.

22. Микроскопия поверхностного потенциала (метод зонда Кельвина). Сканирующая емкостная микроскопия. Основные принципы реализации, измеряемые величины, примеры использования.

23. Преимущества методов оптической микроскопии по сравнению с другими типами микроскопии. Дифракционный предел пространственного разрешения классической оптической микроскопии. Идея конфокальной оптической микроскопии, повышение пространственного разрешения.

24. Принцип действия и реализация сканирующей лазерной конфокальной микроскопии, трехмерное сканирование, горизонтальное и вертикальное разрешение методики в сравнении с классической оптической микроскопией.

25. Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия комбинационного рассеяния: физические основы, техническая реализация и аналитические возможности.

26. Области ближнего и дальнего поля при прохождении света через субволновую диафрагму, преодоление оптического дифракционного предела, идея сканирующего ближнепольного оптического микроскопа.

27. Устройство, принцип действия, типы используемых зондов и основные режимы работы сканирующего ближнепольного оптического микроскопа.

28. Безапертурная сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Эффект гигантского усиления сигнала комбинационного рассеяния вблизи острия проводящего зонда.

29. Физические основы литографии в различных режимах сканирующей зондовой микроскопии. Векторная и растровая зондовая литографии.

30. Обработка результатов сканирующей зондовой микроскопии. Основные типы данных, получаемых при измерениях с помощью сканирующей зондовой микроскопии и варианты их представления. Методы коррекции изображений на примере обработки результатов измерения топографии поверхности.

31. Количественный анализ изображений сканирующей зондовой микроскопии. Использование преобразования Фурье и функции автокорреляции для определения геометрических характеристик периодических и квазирегулярных структур. Проведение статистического анализа изображений: определение шероховатости, статистика зерен, фрактальный анализ.