

**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**

**Вопросы для самоконтроля**

Шишкин Е.И.  
Николаева Е.В.

Подпись руководителя ИОНЦ  
Дата

**Екатеринбург  
2008**

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое наноматериалы?
2. Каково место объектов наномира на общей шкале размеров?
3. Классификация нанообъектов по величине пространственной размерности.
4. Каковы типичные размеры наиболее известных наноматериалов: углеродных фуллеренов и нанотрубок, графенов, ДНК?
5. Что такое наноструктурированные материалы?
6. Приведите сравнительные характеристики различных микроскопических методов по рабочей среде, типу изображения и повреждающему воздействию.
7. Перечислите основные этапы из истории развития сканирующей зондовой микроскопии.
8. Расскажите общее устройство и принципы работы, присущие любому сканирующему зондовому микроскопу.
9. Приведите общую классификацию методик сканирующей зондовой микроскопии.
10. Каковы основные типы сканеров, применяемых в сканирующей зондовой микроскопии?
11. Какие устройства используются в сканирующей зондовой микроскопии для грубого подвода и перемещения зонда относительно исследуемой поверхности?
12. Какие методы и технические решения используются для защиты сканирующих зондовых микроскопов от механических вибраций, акустического воздействия и термодрейфов?
13. Какое основное физическое явление лежит в основе сканирующей туннельной микроскопии?
14. Охарактеризуйте кратко характеристики протекания туннельного тока в системах металл-диэлектрик-металл и металл-диэлектрик-полупроводник.
15. Перечислите и кратко опишите основные методы изготовления зондов для сканирующей туннельной микроскопии.
16. Каким образом реализуется режим постоянной высоты сканирующего туннельного микроскопа?
17. Каким образом реализуется режим постоянного тока сканирующего туннельного микроскопа?
18. В каком режиме сканирующей туннельной микроскопии возможно получение атомарного разрешения?
19. Какой измеряемый сигнал используется в режиме сканирующего туннельного микроскопа при построении изображений с атомарным разрешением?
20. В каком режиме сканирующей туннельной микроскопии возможно получение изобра-

жения рельефа поверхности?

21. В каком режиме сканирующей туннельной микроскопии используется обратная связь по вертикальным перемещениям и какова ее роль?

22. Какие ограничения на свойства исследуемых материалов накладывает сканирующая туннельная микроскопия?

23. Какие дополнительные характеристики позволяет измерять сканирующая туннельная микроскопия?

24. Каким образом с помощью сканирующего туннельного микроскопа производится измерение локальной работы выхода?

25. Каким образом реализуется режим сканирующей туннельной спектроскопии?

26. Какую дополнительную информацию позволяет получить сканирующая туннельная спектроскопия?

27. Как называется принцип сборки наноструктур с помощью сканирующего зондового микроскопа?

28. Что такое квантовый мираж?

29. Приведите примеры использования сканирующей туннельной микроскопии при исследовании наноматериалов.

30. Как называются зондовые датчики, используемые в атомно-силовой микроскопии?

31. Какова геометрия зондовых датчиков, используемых в атомно-силовой микроскопии? Назовите два основных типа.

32. Какова технология изготовления зондовых датчиков для атомно-силовой микроскопии?

33. Какими основными характеристиками отличаются кантилеверы, используемые в контактной, бесконтактной и полуконтактной атомно-силовой микроскопии?

34. Какие взаимодействия зонда с поверхностью могут давать вклад в изгиб кантилевера?

35. Изобразите силовую кривую, характеризующую взаимодействие между зондом и поверхностью. Какие участки кривой каким основным режимам атомно-силовой микроскопии соответствуют?

36. Какую роль выполняет оптический силовой сенсор в атомно-силовом микроскопе?

37. Каким образом реализуется режим постоянной высоты в контактной атомно-силовой микроскопии?

38. Каким образом реализуется режим постоянной силы в контактной атомно-силовой микроскопии?

39. Каков смысл сигнала ошибки при работе в контактной атомно-силовой моде в режиме постоянной силы?

40. В каком режиме контактной атомно-силовой микроскопии возможно получение атомарного разрешения?
41. Какой измеряемый сигнал используется в режиме контактной атомно-силовой микроскопии при построении изображений с атомарным разрешением?
42. В каком режиме контактной атомно-силовой микроскопии возможно получение изображения рельефа поверхности?
43. В каком режиме контактной атомно-силовой микроскопии используется обратная связь по вертикальным перемещениям и какова ее роль?
44. С помощью какой методики контактной атомно-силовой микроскопии можно исследовать пространственное распределение коэффициента трения?
45. Какие деформации кантилевера регистрируются в режиме микроскопии сил трения?
46. Какие свойства поверхности могут быть измерены с помощью микроскопии модуляции силы и атомно-силовой акустической микроскопии?
47. Какие дополнительные конструкционные компоненты используются в атомно-силовом микроскопе при реализации режима атомно-силовой акустической микроскопии?
48. Возможно ли получение атомарного разрешения с использованием атомно-силового микроскопа?
49. Возможно ли получение атомарного разрешения поверхности диэлектрика с использованием сканирующего туннельного микроскопа?
50. Назовите основные моды и режимы механических колебаний кантилеверов.
51. Каким образом выбирается частота колебаний кантилевера при работе в режимах бесконтактной и полуконтактной атомно-силовой микроскопии?
52. Изобразите зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний кантилевера от расстояния между зондом и поверхностью. Каким образом можно определить расстояния, на которых реализуется режим притяжения и режим отталкивания между зондом и поверхностью?
53. Каким образом, с помощью подбора параметров сканирования, выбирается режим бесконтактной или полуконтактной атомно-силовой микроскопии?
54. Каким образом реализуется режим отображения фазы в бесконтактной или полуконтактной атомно-силовой микроскопии? Какие дополнительные свойства материалов могут быть исследованы в этом режиме?
55. Приведите примеры использования бесконтактной или полуконтактной атомно-силовой микроскопии при исследовании наноматериалов.
56. Какие основные типы артефактов могут наблюдаться на изображениях сканирующей зондовой микроскопии?

57. Какие основные негативные свойства пьезокерамики, используемой в сканирующих элементах, могут приводить к искажениям изображений сканирующего зондового микроскопа?
58. Какие существуют программные и аппаратные методы устранения искажений, вносимых несовершенством сканирующих элементов при измерении с помощью сканирующих зондовых микроскопов?
59. В чем смысл эффекта конволюции при измерении рельефа поверхности с помощью сканирующей зондовой микроскопии?
60. В чем заключается метод деконволюции результатов измерения рельефа поверхности с помощью сканирующей зондовой микроскопии?
61. С помощью какого режима сканирующей зондовой микроскопии можно исследовать магнитные свойства материалов?
62. Какие магнитные покрытия зондов используются для работы в режиме магнитной силовой микроскопии?
63. В чем сущность двухпроходных методик сканирующей зондовой микроскопии?
64. Какие измеряемые физические величины могут быть использованы в магнитной силовой микроскопии для получения магнитного контраста на изображениях?
65. Каким образом в режиме магнитной силовой микроскопии удастся разделить магнитный и топографический вклады в результирующее изображение?
66. Чем отличаются квазистатические методики магнитной силовой микроскопии от колебательных?
67. Какие токопроводящие покрытия зондов используются для работы в электрических методиках сканирующей зондовой микроскопии?
68. Какие типы электромеханического взаимодействия возможны между кантилевером и образцом в контактном режиме?
69. Какая величина измеряется в режиме сканирующей микроскопии сопротивления растекания?
70. Каким образом реализованы измерения в режиме контактной сканирующей емкостной микроскопии?
71. На чем основана возможность визуализации сегнетоэлектрических доменов с помощью силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика?
72. Чем обусловлена повышенная разрешающая способность микроскопии нелинейной диэлектрической проницаемости по сравнению с силовой микроскопии пьезоэлектрического отклика?
73. Приведите несколько вариантов реализации двухпроходных методик сканирующей

зондовой микроскопии для измерения электрических свойств материалов.

74. В каких двухпроходных электрических методиках механические колебания кантилевера возбуждаются непосредственно с помощью пьезоизлучателя?

75. В каких двухпроходных электрических методиках механические колебания кантилевера возбуждаются приложением переменного электрического напряжения между зондом и образцом?

76. Какая измеряемая физическая величина непосредственно используется при построении изображений в режиме электрической силовой микроскопии?

77. Каким образом реализовано измерение поверхностного электростатического потенциала в методе зонда Кельвина?

78. На какой гармонике детектируется возбуждение механических колебаний в режиме сканирующей емкостной микроскопии?

79. С помощью какой электрической методики можно определить локальный тип примесной проводимости?

80. Какими факторами определяется пространственное разрешение, достижимое в двухпроходных электрических методиках сканирующей зондовой микроскопии?

81. Каковы преимущества методов оптической микроскопии по сравнению с другими типами микроскопии?

82. Какие ограничения накладывает дифракционный предел на пространственное разрешение классической оптической микроскопии?

83. Какие существуют способы улучшения пространственного разрешения оптической микроскопии и преодоления дифракционного предела?

84. Какое конструктивное решение реализовано в конфокальной оптической микроскопии для повышения пространственного разрешения?

85. Приведите оценки горизонтального и вертикального разрешения и сравните их с разрешением классической оптической микроскопии.

86. В чем заключается принцип построения трехмерного изображения с помощью сканирующего лазерного конфокального микроскопа?

87. Какие дополнительные возможности дает сканирующая лазерная конфокальная микроскопия комбинационного рассеяния?

88. В чем заключается основная идея реализации сканирующей ближнепольной оптической микроскопии, обеспечивающая многократное увеличение разрешающей способности методики?

89. Каковы особенности ближнепольного оптического излучения?

90. Какие типы зондов используются в сканирующей ближнепольной оптической микро-

скопии?

91. Каким образом в режиме сканирующей ближнепольной оптической микроскопии контролируется расстояние между зондом и поверхностью?

92. Какие конфигурации используются при регистрации оптического сигнала в сканирующей ближнепольной оптической микроскопии?

93. Каковы преимущества безапертурной сканирующей ближнепольной оптической микроскопии?

94. В чем заключается эффект гигантского усиления сигнала комбинационного рассеяния вблизи острия проводящего зонда?

95. Какие основные типы воздействий зонда на поверхность образца используются в режимах сканирующей зондовой литографии?

96. В каких режимах сканирующей зондовой литографии происходит модификация рельефа поверхности?

97. Что происходит с поверхностью образца при литографии в режиме сканирующей туннельной микроскопии?

98. Какое явление лежит в основе анодно-окислительной литографии?

99. Какие режимы сканирующей зондовой микроскопии могут быть использованы для проведения оптической литографии?

100. Чем отличаются векторная и растровая сканирующая зондовая литография?

101. Перечислите основные типы данных, которые могут быть получены с помощью сканирующей зондовой микроскопии.

102. Какие существуют варианты визуализации изображений сканирующей зондовой микроскопии?

103. Какие методы математической обработки могут быть использованы для коррекции изображений сканирующей зондовой микроскопии?

104. Каким образом при обработке и анализе изображений может быть использовано преобразование Фурье?

105. Какие существуют методы статистического анализа изображений сканирующей зондовой микроскопии? Какие объекты являются предметом анализа?