

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы диагностики наносистем и наноматериалов**

**Москва  
2021**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Дмитриев А.С.                   |
|  | Идентификатор                                      | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2f |

(подпись)

А.С.

Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Дмитриев А.С.                   |
|  | Идентификатор                                      | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2f |

(подпись)

А.С.

Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |                                                    |                           |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                           |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                           |
|  | Владелец                                           | Пузина Ю.Ю.               |
|  | Идентификатор                                      | Re86e9a56-Puzina-4d2acad1 |

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен применять расчетно-теоретические и экспериментальные методы исследования электромагнитных и теплофизических процессов в низкоразмерных устройствах и материалах

ИД-2 Знает особенности процессов в метрологических системах и системах диагностики наноразмерных материалов и устройств

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий (Контрольная работа)  
2. Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                     | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                       | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                       | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 11   | 15   |
| Основные понятия нанотехнологий                       |                                 |      |      |      |      |
| Основные понятия нанотехнологий                       |                                 | +    |      |      |      |
| Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики |                                 |      |      |      |      |
| Наноконпоненты и наноматериалы, методы их диагностики |                                 | +    |      |      |      |
| Методы диагностики и тестирования наноматериалов      |                                 |      |      |      |      |

|                                                                                       |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| Методы диагностики и тестирования наноматериалов                                      |    | +  |    |    |
| Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий                           |    |    |    |    |
| Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий                           |    | +  |    |    |
| Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов           |    |    |    |    |
| Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов           |    |    | +  |    |
| Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств |    |    |    |    |
| Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                                                               | 15 | 25 | 25 | 35 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                                   | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Контрольная точка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2               | ИД-2ПК-2 Знает особенности процессов в метрологических системах и системах диагностики наноразмерных материалов и устройств | Знать:<br>методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов<br>способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств<br>Уметь:<br>уметь проводить научные эксперименты и тесты с нанотехнологическим оборудованием<br>проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах | Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств (Контрольная работа)<br>Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий (Контрольная работа)<br>Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов (Реферат)<br>Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств (Коллоквиум) |

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **КМ-1. Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменный ответ на вопросы

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольные вопросы по теме “Способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств”

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы определения основных параметров наноразмерных систем и наноматериалов | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов</li><li>2. Сканирующие элементы зондовых микроскопов</li><li>3. Методы защиты зондовых микроскопов от внешних воздействий</li><li>4. Общие принципы работы атомно-силового микроскопа</li><li>5. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов</li><li>6. Виды и технологии изготовления зондовых датчиков АСМ</li><li>7. Контактный и бесконтактный режимы АСМ</li><li>8. Принцип работы СЭМ</li><li>9. Виды детекторов в сканирующей электронной микроскопии</li><li>10. Механизмы потерь энергии электронов в веществе. Основные источники сигналов в СЭМ</li><li>11. Подготовка объектов для исследований СЭМ и особые требования к ним. Количественный анализ на микроанализаторе</li></ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## КМ-2. Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решение индивидуальных заданий по теме "Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий"

### Краткое содержание задания:

Решить задачу по теме "Методы исследования наноструктурных поверхностей и покрытий"

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: способы диагностики и метрологии наноразмерных материалов и устройств | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Определить величину ускоряющего напряжения, начиная с которого разница длин волн с учетом и без учета релятивистской поправки будет составлять <math>X</math> процентов.</li><li>2. Определить коротковолновую границу тормозного спектра рентгеновского излучения для ускоряющего напряжения <math>X</math> кВ.</li><li>3. Какое предельное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением <math>X</math> кВ, если все ошибки за исключением дифракционной равны нулю. Угловая апертура объективной линзы равна <math>Y</math> рад.</li><li>4. Определить длину волны электронов с учетом релятивистских поправок и без них в электронном микроскопе с ускоряющими напряжениями <math>X</math> кВ, <math>Y</math> кВ. Какую ошибку вносит отсутствие релятивистских поправок.</li><li>5. Какое оптимальное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением <math>X</math> кВ, если учесть дифракционную ошибку и сферическую абберацию. Угловая апертура объективной линзы <math>Y</math> рад. Коэффициент сферической абберации <math>Z</math> мм.</li><li>6. Вычислите угловую апертуру объективной линзы для электронного микроскопа с ускоряющим напряжением <math>X</math> кВ и предельным разрешением <math>Y \text{ \AA}</math> если все ошибки за исключением дифракционной равны нулю.</li></ol> |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-3. Диагностика и измерения электрофизических и тепловых свойств наноматериалов**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Подготовка реферата по выбранной теме и его защита на занятии

**Краткое содержание задания:**

Подготовить реферат по одной из тем

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проводить и обрабатывать измерения в наноразмерных материалах и наноустройствах | 1.Электрохимические свойства наноматериалов<br>2.Электрические свойства наноматериалов<br>3.Теплофизические свойства наноматериалов.<br>4.Оптические методы и техника изучения динамики электронных возбуждений в наноструктурах<br>5.Ближнепольная оптическая спектроскопия наноструктур<br>6.Методы люминесцентной микроскопии<br>7.Оптическая спектроскопия квантовых наноструктур. Абсорбционные методы. Фотолюминесценция<br>8.Вольтамперометрия и полярография. Потенциометрия |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и студент хорошо ориентируется в области тематики реферата

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, но допущены неточности и студент не до конца разобрался в тематике реферата

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено, но знания материала поверхностные

### **КМ-4. Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный ответ на вопросы по билету

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы по теме “Методы сертификации и контроля наноматериалов и диагностики их функциональных свойств”

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: уметь проводить научные эксперименты и тесты с нанотехнологическим оборудованием | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Порометрия и определение истинной поверхности</li><li>2.Оптический контроль (профилометрия, флуоресценция, эллипсометрия, конфокальная микроскопия)</li><li>3.Контроль физических свойств (резистометрия, магнитные измерения)</li><li>4.Тестирование функциональных свойств и их стабильности (указать: каталитических, деградационных, механических, трибологических, биологической активности и т.п.)</li><li>5.Аналитические методы (в том числе анализ поверхности)</li></ol> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Какое оптимальное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 300 кВ, если учесть дифракционную ошибку и сферическую aberrацию. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 7 \times 10^{-3}$  рад. Коэффициент сферической aberrации  $C_s=0,19$  мм.
2. Магнитный резонанс. Нанотестирование.

### Процедура проведения

Студент получает билет и готовится к ответу 60 минут, далее устный ответ по билету и на дополнительный вопрос 15 мин.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-2</sub> Знает особенности процессов в метрологических системах и системах диагностики наноразмерных материалов и устройств

### Вопросы, задания

- 1.1. Какое оптимальное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 300 кВ, если учесть дифракционную ошибку и сферическую aberrацию. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 7 \times 10^{-3}$  рад. Коэффициент сферической aberrации  $C_s=0,19$  мм.
2. Магнитный резонанс. Нанотестирование.
  - 2.1. Какое оптимальное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 300 кВ, если учесть дифракционную ошибку и сферическую aberrацию. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 5 \times 10^{-3}$  рад. Коэффициент сферической aberrации  $C_s=0,23$  мм.
2. Методы защиты зондовых микроскопов от внешних воздействий.
  - 3.1. Какое оптимальное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 500 кВ, если учесть дифракционную ошибку и сферическую aberrацию. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 7 \times 10^{-3}$  рад. Коэффициент сферической aberrации  $C_s=0,23$  мм.
2. Нанолитография.
  - 4.1. Какое оптимальное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 500 кВ, если учесть дифракционную ошибку и сферическую aberrацию. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 5 \times 10^{-3}$  рад. Коэффициент сферической aberrации  $C_s=0,19$  мм.
2. Сканирующие элементы зондовых микроскопов.

5.1. Какое предельное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 200 кВ, если все ошибки за исключением дифракционной равны нулю. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 9 \times 10^{-3}$  рад.

2. Порошковые технологии, высокоэнергетическое измельчение.

6.1. Какое предельное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 300 кВ, если все ошибки за исключением дифракционной равны нулю. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 6 \times 10^{-3}$  рад.

2. Прочность и пластичность наноматериалов.

7.1. Какое предельное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 300 кВ, если все ошибки за исключением дифракционной равны нулю. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 9 \times 10^{-3}$  рад.

2. Техника контроля параметров сверхкоротких импульсов и измерения отклика исследуемых систем.

8.1. Какое предельное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 500 кВ, если все ошибки за исключением дифракционной равны нулю. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 9 \times 10^{-3}$  рад.

2. Поверхностные эффекты в наноматериалах.

9.1. Определить длину волны электронов с учетом релятивистских поправок и без них в электронном микроскопе с ускоряющими напряжениями 100 кВ, 300 кВ. Какую ошибку вносит отсутствие релятивистских поправок.

2. Твердость наноматериалов. Реакционная способность наноматериалов.

10.1. Определить длину волны электронов с учетом релятивистских поправок и без них в электронном микроскопе с ускоряющими напряжениями 150 кВ, 350 кВ. Какую ошибку вносит отсутствие релятивистских поправок.

2. Магнитные свойства наноструктур. Суперпарамагнетизм. Магнитное квантовое туннелирование.

## **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Выберите требуемые пункты подготовки образцов в сканирующей электронной микроскопии

Ответы:

- полировка поверхности;
- специальная подготовка, чтобы образец выдерживал условия высокого вакуума;
- исследовать можно только электрически проводящие образцы;
- образцы должны быть электрически проводящими с токопроводящим монтажом на заглушку;
- исследовать можно только диэлектрики;
- образцы должны быть полупроводниками с определенной характеристиками сканирующего электронного микроскопа шириной запрещенной зоны;
- образцы должны быть диэлектриками с напылением ультратонкого покрытия из электропроводящего материала;

Верный ответ: -специальная подготовка, чтобы образец выдерживал условия высокого вакуума; -образцы должны быть электрически проводящими с токопроводящим монтажом на заглушку; -образцы должны быть диэлектриками с напылением ультратонкого покрытия из электропроводящего материала;

2. Перечислите основные источники сигналов сканирующей электронной микроскопии

Верный ответ: -Отраженные электроны -Вторичные электроны -Рентгеновское излучение -Оже-электроны -Катодолюминесценция -Наведенный ток

3.Перечислите недостатки пьезокерамических сканирующих элементов зондовых микроскопов

Верный ответ: -нелинейность пьезоэлектрических свойств; -запаздывание реакции на изменение величины управляющего электрического поля; -неоднозначность зависимости удлинения от направления изменения электрического поля (гистерезис);

4.Кантилеверы используемые в АСМ, должны удовлетворять следующим критериям:

Ответы:

- низкий коэффициент нормальной упругости;
- высокий коэффициент нормальной упругости;
- низкая резонансная частота;
- высокая резонансная частота;
- низкий коэффициент латеральной упругости;
- высокий коэффициент латеральной упругости;
- высокая добротность кантилевера;
- острый конец иглы;
- тупой конец иглы;
- малая длина кантилевера;
- большая длина кантилевера;
- наличие дополнительных компонентов для определения изгиба кантилевера;

Верный ответ: -низкий коэффициент нормальной упругости; -высокая резонансная частота; -высокий коэффициент латеральной упругости; -высокая добротность кантилевера; -острый конец иглы; -малая длина кантилевера; -наличие дополнительных компонентов для определения изгиба кантилевера;

5.Технология изготовления зондовых датчиков АСМ

Ответы:

- проводится травление кремния, в результате которого получают столбики кремния под островками фоторезиста;
- проводится термический отжиг пластины;
- с помощью плазменного травления из столбиков кремния формируются иглы;
- пластина кремния протравливается насквозь до стоп-слоя с помощью селективного травителя;
- проводится имплантация ионов бора, так что ионы проникают на глубину порядка 10 мкм в область кремния, не защищенную фоторезистом;
- фоторезист экспонируется через фотошаблон, и часть фоторезиста удаляется посредством химического травления;
- пластина покрывается тонким слоем  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ;
- фоторезист смывается в специальном травителе;
- проводится селективное травление фоторезиста;
- на обратной стороне пластины проводится фотолитография, в результате которой формируется слой фоторезиста точно над областью, имплантированной бором;
- $\text{Si}_3\text{N}_4$  смывается, и на обратной стороне пластины в легированной области методом фотолитографии формируются островки из фоторезиста;
- на поверхность пластины осаждается тонкий слой фоторезиста;

Верный ответ: 1) на поверхность пластины осаждается тонкий слой фоторезиста; 2) фоторезист экспонируется через фотошаблон, и часть фоторезиста удаляется посредством химического травления; 3) проводится имплантация ионов бора, так что ионы проникают на глубину порядка 10 мкм в область кремния, не защищенную фоторезистом; 4) фоторезист смывается в специальном травителе; 5) проводится термический отжиг пластины; 6) на обратной стороне пластины проводится

фотолитография, в результате которой формируется слой фоторезиста точно над областью, имплантированной бором; 7) пластина покрывается тонким слоем  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; 8) проводится селективное травление фоторезиста; 9) пластина кремния протравливается насквозь до стоп-слоя с помощью селективного травителя; 10)  $\text{Si}_3\text{N}_4$  смывается, и на обратной стороне пластины в легированной области методом фотолитографии формируются островки из фоторезиста; 11) проводится травление кремния, в результате которого получаются столбики кремния под островками фоторезиста; 12) с помощью плазменного травления из столбиков кремния формируются иглы;

6. Принцип работы сканирующей оптической микроскопии ближнего поля

Верный ответ: На очень малых расстояниях от поверхности в области ближнего поля возникают световые волны, обусловленные полным отражением от облучаемой поверхности. Интенсивность такого излучения ближнего поля резко уменьшается при увеличении расстояния от поверхности. Данное излучение можно рассматривать и регистрировать как независимый отраженный луч, используя, например, собирающую линзу и фотоэлектронный умножитель.

7. Основные направления применения дисперсионной Рамановской спектроскопии

Верный ответ: Основные применения Раман спектроскопии с лазерами в видимой области – полупроводники и электроника, где исследуются кремний и различные покрытия на кремниевых пластинах, в фармацевтических и биохимических исследованиях. Дисперсионный Раман часто является очень мощным инструментом для исследования темных образцов, таких как углерод или сильно окрашенные образцы, для неорганического анализа и идентификации в геологии и геммологии, многослойные полимерные ламинаты, многослойные краски и другие образцы, которые необходимо проанализировать по глубине.

8. Перечислите основные магнитные свойства нанокластеров и наноструктур

Верный ответ: Суперпарамагнетизм проявляется при размерах магнитных кластеров 1-10 нм; Магнитная однодоменность нанокластеров и наноструктур до 20 нм; Магнитное квантовое туннелирование, при котором намагниченность меняется скачками; Гигантское магнетосопротивление; Магнитные фазовые переходы первого рода: Магнитное упорядочение в наносистеме исчезает скачком и наносистема переходит в парамагнитное состояние, минуя суперпарамагнитное состояние магнитного упорядочения ниже точки Кюри;

9. По какой формуле рассчитывается общее электросопротивление наноматериала

Верный ответ:  $\Sigma = \Sigma_0 + \rho(\text{г.м.}) \left( \frac{S}{V} \right)$  где  $\Sigma_0$  – электросопротивление монокристаллического материала с заданным содержанием примесей и дефектов;  $S$  – площадь межзеренных границ;  $V$  – объем.

10. Перечислите варианты высокоэнергетических физических методов получения порошков

Верный ответ: Измельчение Детонационная обработка Электрический взрыв

11. Нанопорошки каких материалов получают методом криохимического синтеза

Ответы:

Cu  
Ag  
Pb  
Mo  
Mg  
Ni  
Cd  
Fe

Верный ответ: Ag, Pb, Mg, Cd

12. Какие процессы происходят на растущей поверхности при молекулярно-лучевой эпитаксии

Ответы:

Адсорбция;

Адгезия;

Поверхностная диффузия;

Перестраивание атомов кристаллической решетки

Встраивание в кристаллическую решетку адсорбированных атомов основного вещества;

Десорбция;

Верный ответ: Адсорбция; Поверхностная диффузия; Встраивание в кристаллическую решетку адсорбированных атомов основного вещества;

Десорбция;

13. Определить коротковолновую границу тормозного спектра рентгеновского излучения для ускоряющего напряжения 40 кВ.

Ответы:

0.31 Å

0.35 Å

0.33 Å

0.27 Å

Верный ответ: 0.31 Å

14. Какое оптимальное разрешение можно получить на электронном микроскопе с ускоряющим напряжением 100 кВ, если учесть дифракционную ошибку и сферическую абберацию. Угловая апертура объективной линзы  $\approx 6 \times 10$  рад. Коэффициент сферической абберации  $C_s = 0,17$  мм.

Ответы:

3.94 Å

4.31 Å

4.41 Å

4.07 Å

Верный ответ: 4.41 Å

15. Найти теоретическое удельное электросопротивление изучаемой плёнки алюминия толщиной 15 нм. Значения длины свободного пробега электронов при температуре 300 К принять 16.4 нм.

Ответы:

$0.051 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}}{\text{м}}$

$0.038 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{м}}{\text{мм}}$

$0.068 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{м}}{\text{мм}}$

$0.018 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{м}}{\text{мм}}$

Верный ответ:  $0.038 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения задания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения задания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня*

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ "МЭИ" на основании семестровой и аттестационной составляющих.