

**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  
Элементы и приборы нанотехнологии**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Михайлова И.А.                  |
|  | Идентификатор                                      | R6487a0ab-MikhailovaIA-f37cba00 |

И.А.  
Михайлова

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Дмитриев А.С.                   |
|  | Идентификатор                                      | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae29 |

А.С.  
Дмитриев

Заведующий  
выпускающей кафедрой

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

Ю.Ю.  
Пузина

## 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-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-1 Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин

2. 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: Письменная работа

1. Материалы для повышения надежности устройств МСТ и НСТ (Контрольная работа)
2. Методики испытаний ИЭТ, виды испытаний ИЭТ (Расчетно-графическая работа)
3. Технология устройств МСТ и НСТ (Контрольная работа)
4. Типы и элементы устройств МСТ и НСТ (Контрольная работа)

## 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   |
| Введение в микро- и нанoeлектронику, МСТ и НСТ        |                                 |      |      |      |      |
| Введение в микро- и нанoeлектронику, МСТ и НСТ        |                                 | +    |      |      |      |
| Интегральные схемы. Классификации, базовые технологии |                                 |      |      |      |      |
| Интегральные схемы. Классификации, базовые технологии |                                 |      | +    |      |      |
| Элементы и устройства микро- и нанoeлектроники        |                                 |      |      |      |      |
| Элементы и устройства микро- и нанoeлектроники        |                                 |      |      | +    |      |

|                                                                               |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| Элементы и устройства МСТ и НСТ. Сенсорные и актюаторные устройства МСТ и НСТ |    |    |    |    |
| Элементы и устройства МСТ и НСТ. Сенсорные и актюаторные устройства МСТ и НСТ |    |    |    | +  |
| Материалы для устройств МСТ, НСТ, нано- и микроэлектроники                    |    |    |    |    |
| Материалы для устройств МСТ, НСТ, нано- и микроэлектроники                    |    | +  |    |    |
| Основные технологии устройств МСТ и НСТ                                       |    |    |    |    |
| Основные технологии устройств МСТ и НСТ                                       |    |    | +  |    |
| Моделирование и проектирование                                                |    |    |    |    |
| Моделирование и проектирование                                                |    |    |    | +  |
| 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-1               | ИД-1ПК-1<br>Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин | Знать:<br>основные типы и элементы nano- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ<br>Уметь:<br>выполнять научные исследования в области проектирования и создания ИЭТ и самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь применять их для решения поставленной задачи | Типы и элементы устройств МСТ и НСТ (Контрольная работа)<br>Методики испытаний ИЭТ, виды испытаний ИЭТ (Расчетно-графическая работа) |
| ПК-2               | ИД-2ПК-2<br>Знает особенности процессов в метрологических системах и системах диагностики наноразмерных материалов и устройств                                                                             | Знать:<br>основные методы получения и обработки элементов nano- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ<br>Уметь:<br>применять измерительные приборы и техники                                                                                                                                      | Материалы для повышения надежности устройств МСТ и НСТ (Контрольная работа)<br>Технология устройств МСТ и НСТ (Контрольная работа)   |

|  |  |                                                                                                                                                                                  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | эксперимента<br>(электронная, атомно-<br>силовая и оптическая<br>микроскопии; методы<br>силового нанотестинга) и<br>осуществлять<br>постобработку<br>экспериментальных<br>данных |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### **КМ-1. Типы и элементы устройств МСТ и НСТ**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Ответить на теоретический вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные типы и элементы нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ | 1.Понятие о полупроводниковых, гибридных интегральных схемах (ИС)<br>2.Понятие об устройствах МСТ и НСТ.<br>3.Наноразмерные компоненты ИС<br>4.Аналоговые и цифровые СБИС<br>5.Наноразмерные исполнительные элементы |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-2. Материалы для повышения надежности устройств МСТ и НСТ**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Ответить на теоретический вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

|                        |                                         |
|------------------------|-----------------------------------------|
| Знать: основные методы | 1.Деформируемые исполнительные элементы |
|------------------------|-----------------------------------------|

|                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| получения и обработки элементов нано- и микроэлектронных устройств, устройств МСТ и НСТ | сенсорных и актюаторных устройств МСТ и НСТ<br>2.Недеформируемые исполнительные элементы сенсорных и актюаторных устройств МСТ и НСТ<br>3.Композиционные и слоистые исполнительные элементы сенсорных и актюаторных устройств МСТ и НСТ<br>4.Металлические исполнительные элементы сенсорных и актюаторных устройств МСТ и НСТ<br>5. Резистивные сплавы |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-3. Технология устройств МСТ и НСТ**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Ответить на теоретический вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: применять измерительные приборы и техники эксперимента (электронная, атомно-силовая и оптическая микроскопии; методы силового нанотестинга) и осуществлять постобработку экспериментальных данных | 1.Слоистые композиционные материалы<br>2.Фоточувствительные композиции<br>3.Технологии «сверху вниз»<br>4.Технологии «снизу вверх»<br>5.Расчет основных свойств датчиков давления<br>6.Расчет основных параметров акселерометров |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**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

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

#### **КМ-4. Методики испытаний ИЭТ, виды испытаний ИЭТ**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчет механического поведения чувствительного элемента исполнительного механизма микромеханического устройства

#### **Краткое содержание задания:**

Моделирование механического поведения чувствительного элемента исполнительного механизма микромеханического устройства.

Варьируются:

- преобразователь физических величин (термический, электростатический, электромагнитный, пьезоэлектрический);
- тип механического устройства (реле, актюатор, сенсор физических величин);
- тип чувствительного элемента и способ его установки в устройство (диафрагма, консоль, многоэлементный подвес).

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: выполнять научные исследования в области проектирования и создания ИЭТ и самостоятельно разбираться в методиках исследования элементов устройств и уметь применять их для решения поставленной задачи | 1.Смоделируйте механическое поведение термического сенсора установленного на консоли<br>2.Смоделируйте механическое поведение пьезоэлектрического актюатора на многоэлементном подвесе |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **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

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин

#### **Вопросы, задания**

- 1.Пассивные элементы схем: микрорезисторы, микроконденсаторы, микроиндуктивности.
- 2.Полевой транзистор; p-n переход; электронная и дырочная виды проводимости.
- 3.P-i-n диоды. Характеристики. Преимущества и недостатки по сравнению с МЭМС-аналогами.
- 4.Микро- и нанокапли и приборы на их основе, применения.
- 5.Фотонные интегральные схемы.
- 6.Гибридные фотонные и электронные интегральные схемы. Перспективы.
- 7.Оптико-электронные наноустройства.
- 8.Фотоэлементы. Фотосопротивления
- 9.Термоэлектрические микроприборы.
- 10.Практическое применение пьезоэффекта в микро- и наносенсорах.
- 11.Операционный КМОП усилитель. Основные схемы включения.
- 12.Принцип действия операционного КМОП усилителя.
- 13.Активные СВЧ (РЧ) фильтры, типы по принципу действия
- 14.Активные СВЧ (РЧ) фильтры, классификация по способу фильтрации: полосно-заграждающие, полосно-пропускающие, ФНЧ.
- 15.Активные СВЧ (РЧ) фильтры – принципиальные электрические схемы.
- 16.Дифференциальные и измерительные усилители.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Операционный КМОП усилитель. Основные схемы включения.
- 2.Активные СВЧ (РЧ) фильтры, классификация по способу фильтрации: полосно-заграждающие, полосно-пропускающие, ФНЧ.
- 3.Источники питания. Принцип функционирования. Виды электропроводности: электронная и ионная. Полупроводники.
- 4.Последовательные функции, реализуемые на стандартных интегральных микросхемах.
- 5.АЦП: виды преобразований

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

#### **Вопросы, задания**

- 1.Материалы подложек для приборов нанотехнологий: полупроводники, металлы, ферроэлектрики, сегнетоэлектрики, диэлектрики, полимеры. Общие сведения и функциональные отличия.
- 2.Углеродные наноматериалы: нанотрубки, волокна, частицы. Свойства; примеры устройств на основе.

3. Нанопровода: физические свойства нанопроводов; применения. Массивы нанопроводов – применения.
4. Методы (принципы) самосборки нано- и микроструктур.
5. Устройства микро- и нанофлюидики.
6. Источники питания. Принцип функционирования. Виды электропроводности: электронная и ионная. Полупроводники.
7. Малошумящие операционные усилители. Виды шумов.
8. Цифровые схемы: логические уровни и основные понятия.
9. Моностабильные мультивибраторы.
10. Последовательные функции, реализуемые на стандартных интегральных микросхемах.
11. Сопряжение логических КМОП- и ТТЛ- элементов.
12. АЦП: виды преобразований.
13. ПЛИС. Классификация и принцип действия.
14. Генераторы шума. Конструкция и принцип действия.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Материалы подложек для приборов нанотехнологий: полупроводники, металлы, ферроэлектрики, сегнетоэлектрики, диэлектрики, полимеры.
2. Углеродные наноматериалы: нанотрубки, волокна, частицы. Свойства; примеры устройств на основе.
3. Нанопровода: физические свойства нанопроводов; применения. Массивы нанопроводов – применения.
4. Методы (принципы) самосборки нано- и микроструктур.
5. Устройства микро- и нанофлюидики.
6. Полевой транзистор; р-п переход; электронная и дырочная виды проводимости.
7. Гибридные фотонные и электронные интегральные схемы.
8. Практическое применение пьезоэффекта в микро- и наносенсорах.
9. Цифровые схемы: логические уровни и основные понятия
10. ПЛИС. Классификация и принцип действия.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* 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 знания:* 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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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