

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

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и нанoeлектроника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8c	

И.Н.  
Мирошникова

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f	

А.Д.  
Баринов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зезин Д.А.
Идентификатор	Re7522a00-ZezinDA-ba8dbd73	

Д.А. Зезин

## 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. ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

ИД-1 Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники

2. ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

ИД-2 Демонстрирует знание методов контроля производства и исследования полупроводниковых структур

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Контрольная работа № 1 (Тестирование)
2. Контрольная работа № 2 (Тестирование)
3. Контрольная работа № 3 (Контрольная работа)
4. Контрольная работа № 4 (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	12	15
Вопросы масштабирования и предельные возможности получения СБИС на кремнии					
Повышение интеграции	+	+	+	+	
Использование МДП транзисторов	+	+	+	+	
Нанолитография					
Совершенствование фотолитографии	+	+			
Нанолитография	+	+			

Квантово-размерные структуры				
Квантово-размерные структуры на основе гетеропереходов	+	+	+	+
Технологические методы создания КРС				
Технологические методы создания КРС	+	+		
Будущее транзисторов				
Будущее транзисторов	+	+	+	+
Оптоэлектронные приборы на основе КРС				
Оптоэлектронные приборы на основе КРС	+	+	+	+
Спинтроника				
Основы спинтроники и ее применение	+	+	+	+
Молекулярная электроника и биоэлектроника				
Молекулярная электроника	+	+	+	+
Нейроны и нейронные сети	+	+	+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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
ОПК-1	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Знает тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники	Знать: Современные тенденции развития наноэлектроники	Контрольная работа № 1 (Тестирование) Контрольная работа № 2 (Тестирование) Контрольная работа № 3 (Контрольная работа) Контрольная работа № 4 (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники	Знать: Принципы работы устройств наноэлектроники	Контрольная работа № 1 (Тестирование) Контрольная работа № 2 (Тестирование) Контрольная работа № 3 (Контрольная работа) Контрольная работа № 4 (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание методов контроля производства и исследования полупроводниковых структур	Знать: Методы контроля производства и исследования полупроводниковых структур	Контрольная работа № 1 (Тестирование) Контрольная работа № 2 (Тестирование)

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

### КМ-1. Контрольная работа № 1

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

#### Краткое содержание задания:

Студент должен правильно ответить на тестовые вопросы

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Современные тенденции развития нанoeлектроники	1.Что такое ЗАКОН МУРА? 2.Что такое МИНИАТЮРИЗАЦИЯ в микроэлектронике? 3.В каком году была изготовлена первая интегральная схема? 4.Кто являлся “отцом” первой ИС? 5.Перечислите создателей полупроводникового транзистора 6.Назовите имена русских и советских ученых, внесших вклад в развитие электроники и радиоэлектроники
Знать: Принципы работы устройств нанoeлектроники	1.Поясните, в чем выражаются “короткоканальные эффекты” МДП транзистора
Знать: Методы контроля производства и исследования полупроводниковых структур	1.Какие виды ЛИТОГРАФИИ применима в производстве приборов нанoeлектроники? 2.При каком методе литографии длина волны излучения является основным сдерживающим фактором уменьшения размера элемента?

#### 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. Контрольная работа № 2**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

### **Краткое содержание задания:**

Выбрать из предложенных ответов правильный или дать короткое пояснение

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Современные тенденции развития нанoeлектроники	1. Назовите фамилии ученых, внесших вклад в объяснение эффекта "Кулоновской блокады". 2. Назовите фамилию ученого, получившего решение уравнения Шредингера, описывающего возможность преодоления частицей энергетического барьера в случае, когда энергия частицы меньше высоты барьера
Знать: Принципы работы устройств нанoeлектроники	1. Какие квантово-размерные структуры (КРС) Вы знаете? 2. Что называется квантово-размерной нитью (проволокой)? 3. Типы композиционных сверхрешеток. пи-сверхрешетки 4. Нарисуйте энергетическую диаграмму квантово-размерного светодиода и проставьте возможные переходы для электронов. 5. Поясните термин "баллистического перенос"
Знать: Методы контроля производства и исследования полупроводниковых структур	1. Какие технологии изготовления КРС Вы знаете? 2. Перечислите методы исследования морфологии и химического состава поверхности наноматериалов

### **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. Контрольная работа № 3**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

**Краткое содержание задания:**

Выбрать из предложенных ответов правильный или дать короткое пояснение

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Современные тенденции развития нанoeлектроники	1. Назовите советских (российских) ученых - лауреатов Нобелевской премии по физике.
Знать: Принципы работы устройств нанoeлектроники	1. Каковы особенности электропроводности и передачи информации в молекулах? 2. Что такое молекулярные выпрямители и переключатели, каковы их особенности? 3. Какие спиновые эффекты Вы знаете? 4. Что такое "магнитная оперативная память - MRAM"? Каков принцип ее работы? 5. Что такое "Гигантское магнитосопротивление"? Поясните его суть.

**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. Контрольная работа № 4**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдаётся билет с перечнем вопросов, ответы на которые он пишет на бумажном листе. Время проведения контрольной работы - 2 ак. часа.

**Краткое содержание задания:**

Выбрать из предложенных ответов правильный или дать короткое пояснение

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Современные тенденции развития нанoeлектроники	1.Какие подзатворные диэлектрики считаются перспективными и почему? 2.Назовите фамилии ученых, впервые изучивших графен.
Знать: Принципы работы устройств нанoeлектроники	1.Что такое хиральность УНТ? 2.Что такое “связывающая и разрыхляющая орбитали”? Поясните с помощью энергетических диаграмм. 3.Что такое сигма и пи орбитали? 4.Что такое понятия НОМО и LUMO?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Вариант 1

1. Перспективы развития биполярных и МОП ИС. . Системы памяти. Размеры элементов, их число на чипе. Прогноз на ближайшие 5 лет
2. Инжекционные лазеры. Физика работы и переход от приборов с рп-переходом к приборам с гетеропереходом и приборам на квантовых ямах, квантовых проволоках и квантовых боксах. Оптимизация конструкции и параметров.

### Процедура проведения

Студент получает билет с вопросами, подготовка к ответу - 45 минут. Ответ устный.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-1</sub> Знает тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники

### Вопросы, задания

1. От микро МОП- транзисторов к нано МОП-транзисторам
2. Назовите имена русских и советских ученых, внесших вклад в развитие электроники и радиоэлектроники
3. Назовите фамилии ученых, внесших вклад в объяснение эффекта “Кулоновской блокады”.
4. Назовите фамилию ученого, получившего решение уравнения Шредингера, описывающего возможность преодоления частицей энергетического барьера в случае, когда энергия частицы меньше высоты барьера
5. Назовите советских (российских) ученых - лауреатов Нобелевской премии по физике.
6. Назовите фамилии ученых, впервые изучивших графен.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В каком году и кем открыт точечный транзистор?

Ответы:

1. 2005; 2. 1988; 3. 1947

Верный ответ: 3

2. Что Вам говорят фамилии Гейм и Новоселов?

Ответы:

1. Игроки сборной НХЛ; 2. Артисты театра и кино; 3. Я что-то слышал о них... 4. А.К. Гейм и К.С. Новоселов - лауреаты Нобелевской премии по физике 2010 года, место рождения - СССР

Верный ответ: А.К. Гейм и К.С. Новоселов - лауреаты Нобелевской премии по физике 2010 года, место рождения - СССР

3. Что Вам говорит фамилия Алферов?

Ответы:

1. Ничего. 2. Ж.И. Алферов - лауреат Нобелевской премии, В 2000 г. «за развитие п/п-ковых гетероструктур, используемых в высокоскоростной электронике и оптоэлектронике», Ж.И. Алфёров и Г. Крёмер (США) награждены Нобелевской премией по физике; 3. Видный политический деятель.

Верный ответ: 2. Ж.И. Алферов - лауреат Нобелевской премии, В 2000 г. «за развитие п/п-ковых гетероструктур, используемых в высокоскоростной электронике и оптоэлектронике», Ж.И. Алфёров и Г. Крёмер (США) награждены Нобелевской премией по физике; 3. Видный политический деятель.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

### Вопросы, задания

1. Типы композиционных сверхрешеток. *pi*-сверхрешетки. Требования к выбору материалов гетеропереходов
2. Приборы на резонансном туннелировании
3. Спинтроника. Магниторезистивные считывающие головки. Элементы памяти
4. Инжекционные лазеры с оптическим и электронным разделением. Лазерные усилительные диоды. Лазерные модуляторы
5. МОП-транзисторы. Конструкции. Характеристики. Короткоканальные эффекты. Роль степени легирования области канала
6. Инжекционные лазеры. Физика работы и переход от приборов с рп-переходом к приборам с гетеропереходом и приборам на квантовых ямах, квантовых проволоках и квантовых боксах. Оптимизация конструкции и параметров
7. Одноэлектронный транзистор
8. Объясните принцип работы одноэлектронного транзистора.
9. Объясните принцип работы резонансно-туннельного диода.
10. Объясните принцип работы резонансно-туннельного транзистора.
11. Объясните принцип работы транзистора с высокой подвижностью носителей заряда.
12. Объясните принцип работы квантово-размерного светодиода.
13. Объясните принцип работы квантово-каскадного лазера.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В квантово-размерных лазерах наблюдается тип квантовых состояний для...

Ответы:

1. трехмерного случая 2. двумерного случая 3. одномерного случая 4. нульмерного случая

Верный ответ: 2

2. Квантово-каскадный лазер следует отнести к квантово-размерной структуре типа...

Ответы:

1. гетеропереходов 2. *pi*-структур 3. квантовых нитей 4. квантовые точек 5. сверхрешеток

Верный ответ: 5

3. ВАХ реального НЕМТ-транзистора изображена на рисунке...

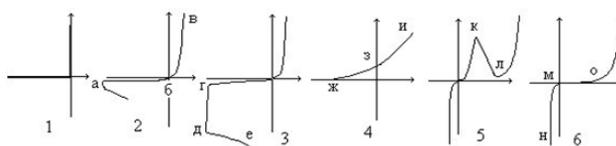


Рис. 3.2.

Ответы:

1 2 3 4 5 6

Верный ответ: 5

4. ВАХ резонансно-туннельного диода изображена на рисунке...

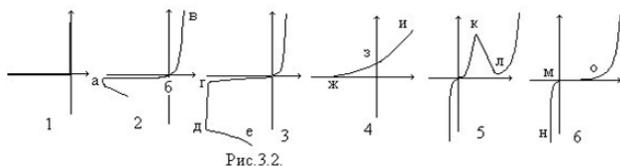


Рис. 3.2.

Ответы:

1 2 3 4 5 6

Верный ответ: 5

5. Баллистический транспорт реализуется в структурах...

Ответы:

1. с размером меньше длины свободного пробега носителя заряда; 2. с размером больше длины свободного пробега носителя заряда

Верный ответ: 1 с размером меньше длины свободного пробега носителя заряда;

6. В основе работы одноэлектронного транзистора лежит явление...

Ответы:

1. кулоновской блокады; 2. квантового эффекта Холла

Верный ответ: 1. кулоновской блокады;

7. Квантовая яма поглощает излучение в...

Ответы:

1 ИК-области спектра; 2. УФ-области спектра; 3. видимой области спектра

Верный ответ: 1 ИК-области спектра;

8. Фотоприёмные устройства на основе квантовых ям позволяют изменять красную границу фотоэффекта, изменяя...

Ответы:

1. размер квантовой ямы; 2. химический состав квантовой ямы; 3. не позволяют управлять красной границей фотоэффекта

Верный ответ: размер квантовой ямы химический состав квантовой ямы

9. С увеличением ширины квантовой ямы в структуре лазера, сконструированного на квантовых ямах, длина волны генерируемого излучения...

Ответы:

1. сдвигается в область длинных волн
2. сдвигается в область коротких волн
3. не меняется

Верный ответ: сдвигается в область длинных волн

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Демонстрирует знание методов контроля производства и исследования полупроводниковых структур

### Вопросы, задания

1. Принципы работы сканирующего туннельного микроскопа и сканирующего атомно-силового микроскопа. Использование туннельного микроскопа для получения структур с нано метровыми размерами

2. Оптимизация выбора и предельные возможности фотолитографии, электронной, рентгеновской литографии, литографии с использованием ионного пучка
3. Технология получения квантовых ям и квантовых сверхрешеток. Методы получения квантовых проволок и квантовых боксов

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

1. Информацию об элементном составе синтезируемого соединения можно получить при помощи ...

Ответы:

1. Дифракции электронов
2. Рентгеноспектрального микроанализа
  1. Просвечивающей электронной микроскопии

Верный ответ: 2

2. Информацию о кристаллической структуре синтезируемого соединения можно получить при помощи ...

Ответы:

1. Электронной дифракции
2. Растровой электронной микроскопии
  1. Сканирующей туннельной микроскопией

Верный ответ: 1, 3

### **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**

Оценка за освоение дисциплины определяется как: оценка, полученная на основании семестровой и зачётной составляющих согласно системе БАРС