

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Основы нанoeлектроники

**Код модуля**  
1146950(1)

**Модуль**  
Технологии нано- и оптоэлектроники

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бунтов Евгений Александрович	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	физических методов и приборов контроля качества

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- Бунтов Евгений Александрович, Доцент, физических методов и приборов контроля качества

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Основы нанoeлектроники**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Расчетно-графическая работа	1
		Реферат	1
		Отчет по лабораторным работам	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Основы нанoeлектроники**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-6 -Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации	Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического	Зачет Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Расчетно-графическая работа Реферат

	<p>оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых</p>	
--	---	--

	технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации	
ПК-5 -Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе	<p>З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p>	<p>Зачет</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Расчетно-графическая работа</p> <p>Реферат</p>
ПК-4 -Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические)	<p>З-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать требования к качеству исходных материалов (сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, тары и тарных материалов)</p>	<p>Зачет</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Расчетно-графическая работа</p> <p>Реферат</p>
ПК-5 -Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального	<p>З-1 - Характеризовать компонентную и элементную базы изделий электроники и наноэлектроники</p> <p>З-4 - Определять эксплуатационные и ресурсные характеристики основных</p>	<p>Зачет</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Расчетно-графическая работа</p> <p>Реферат</p>

<p>назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования</p>	<p>материалов и конечных изделий электронной техники  П-1 - Проектировать электронные приборы и их компоненты на схемотехническом уровне  У-2 - Производить компьютерное моделирование для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых электронных приборов  У-3 - Определять оптимальные методы совершенствования характеристик электрических схем  У-4 - Разрабатывать основные функциональные блоки электрической схемы</p>	
<p>ПК-8 -Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники различного функционального назначения</p>	<p>З-1 - Различать базовые технологические процессы и технологическое оборудование, используемые в производстве приборов электронной техники на основе нанотехнологий  З-2 - Определять состав, принципы работы, технические характеристики оборудования для производства приборов электроники на базе нанотехнологий  З-3 - Объяснять физико-химические эффекты взаимодействия элементов оборудования и объектов воздействия на наноразмерном уровне  П-1 - Иметь практический опыт работы на оборудовании, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов  П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методов обработки и оценки погрешности результатов измерений новыми технологиями, обеспечивающими повышение</p>	<p>Зачет  Лабораторные занятия  Лекции  Отчет по лабораторным работам  Расчетно-графическая работа  Реферат</p>

	<p>эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и микроэлектроники</p> <p>У-1 - Выбирать методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств электронной техники различного функционального назначения</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы настройки оборудования, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p>	
--	--	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Расчетно-графическая работа</i>	3	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено</b>		

<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.50</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Выполнение лабораторных работ</i>	8	50
<i>Защита реферата</i>	15	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям –1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям –не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.

Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

## **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

### **5.1.2. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Исследование туннельного эффекта на туннельном диоде
2. Исследование резонансно-туннельного эффекта
3. Характеристики MOSFET-транзисторов
4. Моделирование MOSFET-транзисторов
5. Ионная имплантация
6. Квантовые вычисления

LMS-платформа

1. <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=1009>

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Расчетно-графическая работа**

Примерный перечень тем

1. Построение зонной структуры гетероперехода n-Si/n-Ge
2. Построение зонной структуры гетероперехода n-Si/p-GaAs
3. Построение зонной структуры гетероперехода p-Si/n-Ge
4. Построение зонной структуры гетероперехода n-AlAs/p-Ge
5. Построение зонной структуры гетероперехода n-Si/p-Ge

Примерные задания

Пользуясь сведениями из лекционного материала и справочной литературой, построить диаграмму зонной структуры перехода между электронными материалами.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.2. Реферат**

Примерный перечень тем

1. Методы исследования поверхности электронных материалов
2. Роль и механизмы туннелирования носителей заряда в нанoeлектронике
3. Применение структур с квантовым ограничением в нанoeлектронике (квантовые ямы, нити, точки)
4. Фотоника и оптические интегральные схемы
5. Явление кулоновской блокады и перспектива создания одноэлектронных транзисторов

Примерные задания

Провести реферативный обзор литературы на тему:

Практические подходы к созданию одноэлектронных транзисторов

Спин-поляризованный транспорт в наноструктурах. Спинтроника

Квантовый эффект Холла и его применение в электронике

Эффект гигантского магнитосопротивления и его применение в электронике

Задачи и алгоритмы для квантовых вычислений

Технологии создания квантовых кубитов

Методы охлаждения электронных компонентов до сверхнизких температур

Твердотельные квантовые компьютеры на ядерных спинах

Квантовые компьютеры на сверхпроводниковых элементах

Квантовые компьютеры на квантовых точках

Квантовые компьютеры на ионах в твердотельных ловушках

Фотолитография для производства нанотранзисторов: современные тренды

Ионные имплантеры: типы и области применения

Методы исследования зонной структуры полупроводников и гетеропереходов

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.3. Отчет по лабораторным работам**

Примерный перечень тем

1. Исследование туннельного эффекта на туннельном диоде

2. Исследование резонансно-туннельного эффекта

3. Характеристики MOSFET-транзисторов

4. Моделирование MOSFET-транзисторов

5. Ионная имплантация

6. Квантовые вычисления

Примерные задания

Провести расчет и экспериментальное исследование по теме работы на основе методических указаний к лабораторной работе.

LMS-платформа

1. <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=1009>

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Зачет**

Список примерных вопросов

1. История микроэлектроники. Определение микроэлектроники. Закон Мура.

2. Преимущества и проблемы миниатюризации микроэлектронных компонентов.

Достижения последних лет и перспективы развития микроэлектроники.

3. Эффект квантового ограничения. Структуры с квантовым ограничением: квантовые ямы, проволоки, точки.

4. Транспорт электронов в низкоразмерных системах. Туннелирование, туннельный и резонансный туннельный диоды.

5. Свободная поверхность и ее свойства. Межфазные границы и гетеропереходы.

6. Типы гетероструктур, сложные гетероструктуры.

7. Структура и основные характеристики MOSFET транзисторов.
  8. Диффузионный и баллистический транспорт электронов в канале транзистора. Законы масштабирования MOSFET.
  9. Проблемы классических MOSFET-транзисторов. Токи утечки.
  10. Совершенствование кремниевой технологии. Структуры «кремний на изоляторе». Напряженный кремний.
  11. Альтернативные технологии: гетеротранзисторы, НЕМТ-транзисторы, MODFET-транзисторы. Трехмерные конфигурации затворов.
  12. Свойства углеродных нанотрубок и нанoeлектронные компоненты на их основе.
  13. Туннельные переходы и одноэлектронные транзисторы (SET). Эквивалентная схема и принципы работы SET.
  14. Технологические подходы к созданию SET.
  15. Масштабирование элементов памяти. Применение SET в запоминающих устройствах.
  16. Принципы работы и перспективные применения мемристоров.
  17. Квантовые вычисления на основе кубитов. Преимущества квантовых вычислений перед традиционными.
  18. Квантовые регистры и операторы. Понятие универсального квантового компьютера.
  19. Основные подходы к реализации квантовых компьютеров. Современные достижения в построении квантовых компьютеров.
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология самостоятельной работы	ПК-5	З-1	Зачет Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам Расчетно-графическая работа Реферат