

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Основы технологии создания микро- и наносистем

Код модуля
1154073(1)

Модуль
Методы и технологии микро- и наносистем

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Вохминцев Александр Сергеевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	физических методов и приборов контроля качества

Согласовано:

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- **Вохминцев Александр Сергеевич, Доцент, физических методов и приборов контроля качества**

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Основы технологии создания микро- и наносистем

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Расчетно-графическая работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Основы технологии создания микро- и наносистем

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
ПК-4 -Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические)	З-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности З-2 - Характеризовать требования к качеству исходных материалов (сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, тары и тарных материалов) З-3 - Демонстрировать понимание порядка разработки	Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Практические/семинарские занятия Расчетно-графическая работа Экзамен

	<p>и оформления технической документации</p> <p>П-1 - Разрабатывать технический проект, включающий чертежи общего вида, ведомость технического проекта и пояснительную записку</p> <p>У-1 - Использовать средства автоматизации проектирования</p> <p>У-2 - Использовать программное обеспечение</p> <p>У-3 - Анализировать проектные решения производства изделий из наноструктурированных композиционных материалов по экономическим, технологическим и другим показателям</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

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	8,8	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.25		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>расчетно-графическая работа</i>	8,16	50
<i>выполнение практических заданий</i>	8,16	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		

Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.25		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	8,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

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

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

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
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. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Знакомство с САПР для разработки электрических схем и проектирования топологии печатных плат и интегральных схем Electric VLSI Design System
2. Разработка схем и интегральных топологий логических элементов в САПР Electric VLSI Design System
3. Разработка топологии ИМС в САПР Electric VLSI Design System
LMS-платформа
1. Основные возможности языка VHDL

5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Оценка разрешающей способности процесса фотолитографии
2. Оценка бокового подтравы тонкопленочных структур
3. Формирование тонкопленочных покрытий методом магнетронного распыления
4. Четырехзондовый метод измерения сопротивления полупроводников
LMS-платформа – не предусмотрена

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

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Основы технологии создания микро- и наносистем

Примерные задания

Контрольная работа проводится в виде теста. Ниже приведен примерный перечень вопросов.

1. Какой тип проводимости может иметь полупроводник?
2. В полупроводнике какого типа концентрация свободных дырок всегда равна концентрации свободных электронов?
3. Какими элементами легируют кремний для получения полупроводника с n-типом проводимости?

4. Какими элементами легируют кремний для получения полупроводника с р-типом проводимости?
 5. Укажите основные характеристики полупроводников.
 6. Какое правило (закон) используется для определения постоянной кристаллической решетки промежуточного полупроводникового соединения (сплава) в зависимости от атомарной или молярной доли одного полупроводника в другом?
 7. Какое правило (закон) используется для определения ширины запрещенной зоны промежуточного полупроводникового соединения (сплава) в зависимости от атомарной или молярной доли одного полупроводника в другом?
 8. Назовите основные материалы полупроводниковой электроники.
 9. Какие виды технологических (рабочих) операций бывают?
 10. По какой технологии изготавливают интегральные микросхемы?
 11. По какой технологии изготовлены пассивные элементы в гибридно-пленочных интегральных микросхемах?
 12. По какой технологии изготовлены активные элементы в гибридно-пленочных интегральных микросхемах?
 13. Какие пассивные элементы можно изготовить по пленочной технологии?
 14. В каком документе описана только последовательность технологических операций обработки полупроводниковых пластин, применяемых для изготовления данного типа интегральных микросхем?
 15. В каком документе описана последовательность технологических операций обработки полупроводниковых пластин, применяемых для изготовления данного типа интегральных микросхем, с указаниями на оборудование, материалы, трудовые нормативы и средства контроля?
 16. Назовите основные этапы производства полупроводниковых интегральных микросхем.
 17. Назовите основные способы легирования полупроводников, используемые в технологическом процессе изготовления интегральных микросхем.
 18. Назовите основные механизмы термической диффузии в полупроводниках при легировании.
 19. Какие параметры диффузионного слоя контролируются?
 20. К какому виду эпитаксии можно отнести способ наращивания на подложке монокристаллических слоев полупроводниковых веществ, заключающийся в осаждении испаренных компонентов на нагреваемую монокристаллическую подложку с одновременным взаимодействием между ними?
 21. Назовите основные технологические операции процесса фотолитографии.
 22. Назовите основные уровни разработки БИС.
 23. Какие уровни разработки БИС находятся в сфере интересов проектировщика?
 24. В чем заключается проектирование БИС на логическом уровне?
 25. В чем заключается проектирование БИС на схемотехническом уровне?
 26. В чем заключается проектирование БИС на топологическом уровне?
 27. В чем заключается проектирование БИС на компонентном уровне?
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Расчетно-графическая работа

Примерный перечень тем

1. Разработка топологии логической функции в САПР Electric VLSI Design System
2. Разработка топологии ИМС в САПР Electric VLSI Design System

Примерные задания

Разработать в САПР Electronic VLSI Design System топологию логической функции устройства временной селекции информационных сигналов в базе ИЛИ-НЕ. Значения логических функций: $F1=F1(1,2,4,5,9,10,14)$, $F1н=F1н(7,11,12)$, $F2=F2(1,3,7,9,10,12,15)$, $F2н=F2н(0,4,14)$. Временные интервалы селекции: $T1=T1(1,2,4,7,10,12,13,15)$, $T2=T2(2,5,7,11,13,14)$.

Разработать в САПР Electronic VLSI Design System топологию логической функции устройства временной селекции информационных сигналов в базе И-НЕ. Значения логических функций: $F1=F1(0,3,6,9,12,15)$, $F1н=F1н(8,11,14)$, $F2=F2(2,7,8,10,13,15)$, $F2н=F2н(3,4,9,14)$. Временные интервалы селекции: $T1=T1(0,3,6,7,9,10,13,14)$, $T2=T2(0,2,3,6,8,9,12)$.

Разработать в САПР Electronic VLSI Design System топологию логической функции устройства временной селекции информационных сигналов в базе ИЛИ-НЕ. Значения логических функций: $F1=F1(1,3,6,9,10,12)$, $F1н=F1н(2,5,11,15)$, $F2=F2(0,3,7,8,9,14)$, $F2н=F2н(2,5,11,13)$. Временные интервалы селекции: $T1=T1(0,1,5,7,9,10)$, $T2=T2(1,3,5,8,9,12)$.

Разработать в САПР Electronic VLSI Design System топологию логической функции устройства временной селекции информационных сигналов в базе И-НЕ. Значения логических функций: $F1=F1(1,5,11,13,15)$, $F1н=F1н(2,3,4,8)$, $F2=F2(2,5,6,8,11,13,14)$, $F2н=F2н(0,3,9)$. Временные интервалы селекции: $T1=T1(2,5,6,8,9,11,14)$, $T2=T2(1,4,5,8,12,14,15)$.

Разработать в САПР Electronic VLSI Design System топологию логической функции устройства временной селекции информационных сигналов в базе И-НЕ. Значения логических функций: $F1=F1(0,1,3,10,13,15)$, $F1н=F1н(4,7,9)$, $F2=F2(0,1,2,3,8,12)$, $F2н=F2н(9,11,14)$. Временные интервалы селекции: $T1=T1(1,3,5,8,9,11,12,13)$, $T2=T2(1,3,4,10,13)$.

Разработать топологию ИМС:

- 8-разрядный параллельный регистр на основе асинхронных RS-триггеров;
- 8-разрядный сдвигающий последовательный регистр на основе D-триггеров;
- 8-разрядный асинхронный двоичный счетчик;
- 8-разрядный двоично-десятичный счетчик;
- 5-разрядный синхронный счетчик;
- дешифратор 4-16 на базе элементов И-НЕ;
- двоянный шифратор 16-4 с инверсными и не инверсными выходами на базе элементов ИЛИ-НЕ;
- 4-разрядный универсальный компаратор двоичного кода;
- двоянный дешифратор семисегментного индикатора;
- 4-х разрядный параллельный сумматор с параллельным переносом;
- 8-разрядный последовательно-параллельный регистр на основе D-триггеров;
- 8-разрядный параллельно-последовательный регистр на основе D-триггеров;
- 8-разрядный параллельный сумматор с последовательным переносом;
- мультиплексор 8-1;
- демультиплексор 1-8.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Оценка разрешающей способности процесса фотолитографии
2. Оценка бокового подтравки тонкопленочных структур
3. Формирование тонкопленочных покрытий методом магнетронного распыления
4. Четырехзондовый метод измерения сопротивления полупроводников

Примерные задания

Задание к лабораторной работе №1.

Приобретение практических навыков реализации процессов фотолитографии, выявления и анализа факторов, определяющих ключевой параметр процесса – разрешение.

Задание к лабораторной работе №2.

Приобретение практических навыков по выявлению факторов, определяющих величину бокового подтравки тонкопленочных токопроводящих структур при погружном жидкостном травлении, освоение метода определения неравномерности тонкопленочного покрытия по площади заготовки.

Задание к лабораторной работе №3.

Изучить методику магнетронного нанесения тонких пленок, ознакомиться с технологическим оборудованием и исследовать процесс нанесения пленок металла.

Задание к лабораторной работе №4.

Ознакомится с теорией четырехзондового метода измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов, экспериментальное определение удельного сопротивления объемных и пленочных образцов, определение концентрации примесных атомов в кремнии.

LMS-платформа – не предусмотрена

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

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Основные этапы развития производства полупроводниковой электроники
2. Типы и способы производства пленочных пассивных элементов
3. Основные технологические циклы изготовления планарных приборов
4. Характеристики основных материалов, используемых при изготовлении электронных компонентов
5. Изготовление монокристалла полупроводникового материала
6. Разрезка монокристалла, получение и подготовка пластин
7. Изготовление фотошаблонов
8. Формирование топологических слоёв ИМС
9. Методы травления кремния. Химическое травление кремния. Плазмохимическое травление кремния
10. Легирование или введение примесей в кремний. Диффузия примесей в полупроводник. Ионное легирование полупроводников
11. Виды и методы эпитаксии

12. Технология литографических процессов. Фотолитография. Проекционная фотолитография. Электронолитография. Рентгенолитография

13. Металлизация

14. Установка кристаллов в корпуса и разварка выводов

15. Основные возможности языка VHDL

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	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-4	З-1 З-3 У-1 У-2	Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Практические/семинарские занятия Расчетно-графическая работа Экзамен