ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Микро- и наноэлектроника»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине
Б1.В.07 «Процессы микро- и нанотехнологии»

Направление подготовки

03.03.01 «Прикладные математика и физика»

Направленность (профиль) подготовки

Электроника, квантовые системы и нанотехнологии

Уровень подготовки

Академический бакалавриат

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань, 2026 г.

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимися в соответствии с этими требованиями.

ПК-3.1 - проводит контроль электрических параметров активной части схемы и трассировки коммутационных плат изделий "система в корпусе";

ПК-3.2 - проводит проверку электрических параметров интегральных электронных схем, изделий "система в корпусе" на соответствие требованиям технического задания;

ПК-5.1 - проводит предварительные измерения опытных образцов изделий "система в корпусе";

ПК-5.2 - обрабатывает результаты измерений и испытаний опытных образцов изделий "система в корпусе".

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах. При оценивании результатов освоения лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ и их тематика определена рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленного для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением теоретического зачета. Форма проведения зачета – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включаются два теоретических вопроса. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п.

Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Введение	ПК-3.1, ПК-3.2	зачет
2	Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	зачет
3	Производственная чистота, гигиена и безопасность	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	зачет
4	Оборудование и методы нанесения вещества	ПК-3.1, ПК-3.2,	зачет

		ПК-5.1, ПК-5.2	
5	Оборудование и методы удаления вещества	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	зачет
6	Оборудование и методы модифицирования вещества	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	зачет
7	Литографические процессы	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	зачет
8	Сборка и герметизация	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	зачет
9	Технологические особенности изготовления современных полупроводниковых приборов и ИМС	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-5.1, ПК-5.2	зачет

Шкала оценки сформированности компетенций

В процессе оценки сформированности знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплине, производимой на этапе промежуточной аттестации в форме теоретического зачета, используется оценочная шкала «зачтено – не зачтено»:

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок выполнил практическое задание.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе. Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и лабораторной работы, систематическая активная работа на практических занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не справился с 50% вопросов и заданий при прохождении тестирования, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях элементов курса и использования предметной терминологии у обучающегося нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

Типовые контрольные задания или иные материалы

Примеры контрольных вопросов к лабораторным занятиям по дисциплине

Изучение элементной базы и топологии полупроводниковых интегральных микросхем:

1. Какими параметрами характеризуются микросхемы?
2. Какие конструкции интегральных резисторов, конденсаторов вам известны?
3. Что такое топология интегральной микросхемы?
4. Что такое активные и пассивные элементы ИМС?
5. Каким образом реализуется изоляция элементов в микросхемах?
6. Что называется контактной площадкой ИМС? Для чего она предназначена?
7. Оцените отношение сопротивлений двух интегральных резисторов, указанных преподавателем на микросхеме.
8. Как рассчитать удельное поверхностное сопротивление диффузионного резистора по известной топологии и номиналу сопротивления?
9. Как рассчитать удельную емкость конденсатора по известной топологии и номиналу емкости?

Моделирование процесса магнетронного распыления материала испарителя кольцевой формы:

1. Какой эффект лежит в основе магнетронного распыления материалов?
2. Из каких основных элементов состоит магнетронная система распыления?
3. От чего зависит скорость распыления материала при ионной бомбардировке?
4. От каких параметров зависит коэффициент распыления?
5. Какие допущения делаются при построении модели кольцевого испарителя?

Моделирование процессов диффузии примесей в полупроводник:

1. На основе каких технологических параметров выбирается глубина залегания эмиттерного р-п- перехода?
2. На какие параметры транзистора влияет толщина базы?
3. Почему операцию диффузии проводят в две стадии?
4. Каким образом осуществляют контроль параметров диффузии в условиях производства?
5. Из каких основных элементов состоит установка для проведения диффузии?

Примеры типовых тестовых заданий для укрепления и проверки теоретических знаний, развития умений и навыков, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной

1.При какой температуре производят отжиг кремниевых структур после проведения операции ионной имплантации фосфора?

1. 100 ^{o} C;
2. 10000 ^{o} C;
3. 600 ^{o} C;
4. 1100 ^{o} C.

2.Какой метод формирования подзатворного диэлектрика используют в технологии МДП транзисторов?

1.термическое окисление во влажном кислороде;
2.термическое испарение в вакууме;
3.комбинированный метод;
4.термическое окисление в сухом кислороде.

3.Для каких целей используется скрытый n+-слой в технологии интегральных транзисторов?

1.для увеличения степени интеграции ИС;
2.для изоляции элементов ИС;
3.для увеличения пробивного напряжения коллектора;
4.для уменьшения сопротивления коллектора.

4.При какой температуре производится термообработка кремниевых пластин непосредственно перед процессом эпитаксии :

1. 450 ^{o} C ;
2. 30 ^{o} C;
3. 850 ^{o} C;
4. 1150-1300 ^{o} C.

5.Какими способами осуществляется легирование эпитаксиального слоя в хлоридном методе эпитаксии ?

1.легирование из жидкой или газовой фазы ;

2.автолегирование ;
3.легирование из твердой, жидкой или газовой фазы ;
4.ионное легирование .

6. От какого параметра зависит коэффициент диффузии ?
1. температура;
2. концентрация легирующей примеси;
3. давление в реакционной системе;
4. все указанные выше параметры.

7. Какая величина плотности поверхностных состояний на границе раздела полупроводник-диэлектрик считается допустимой в технологии комплементарных МДП-транзисторов:

1. 10^{10} $см^{-2}$;
2. 10^{14} $см^{-2}$;
3. 10^{-2} $см^{-2}$;
4. 10^{13} $см^{-2}$.

8. В каких случаях применяют ионную имплантацию через слой диэлектрика?

1. для увеличения коэффициента усиления транзистора;
2. для повышения коэффициента использования площади пластины;
3. для корректировки порогового напряжения транзистора;
4. для увеличения пробивного напряжения транзистора.

9. От каких технологических параметров **в основном** зависит глубина залегания р-п-перехода в диффузионных структурах?

1. температура;
2. фоновая концентрация примеси в подложке;
3. энергия иона;
4. коэффициент диффузии, время диффузии;

10. Чем определяется поверхностная концентрация примеси после проведения диффузии из бесконечного источника при заданной температуре?
1. фоновая концентрация примеси в подложке;
2. доза легирования;
3. предельная растворимость;
4. время диффузии.

Список типовых контрольных вопросов для подготовки к теоретическому зачету по дисциплине:

1. Полирование пластин, виды. Нарушенный слой поверхности.
2. Травление. Очистка пластин. Жидкостное травление, травители.
3. Плазменное травление пластин, принцип, классификация.
4. Ионное травление, разновидности. Преимущества и недостатки. Установки ионного травления.
5. Газовое травление. Травители. Методы химического травления.
6. Плазмохимическое и ионно-химическое травление. Оборудование.
7. Диффузия из неограниченного (бесконечного) источника примеси. Уравнение диффузии, распределение примеси.

8. Диффузия из конечного (ограниченного) источника примеси. Уравнение диффузии, распределение примеси.
9. Двойная последовательная диффузия примеси в п/пр. Формирование транзисторной структуры. Распределение примеси.
10. Техника проведения процессов диффузии. Разновидности, классификация.
11. Диффузионные системы, оборудование. Последовательность проведения диффузии.
12. Ионная имплантация, сущность, принцип. Параметры распределения примеси.
13. Ионная имплантация через слой диэлектрика. Распределение примеси, параметры, эквивалентная толщина.
14. Процессы эпитаксиального наращивания п/пр. пленок. Назначение, классификация.
15. Эпитаксия из молекулярных пучков (МЛЭ). Принцип, оборудование, достоинства, недостатки.
16. Реакции химического взаимодействия при эпитаксии кремния в газовой фазе.
17. Последовательность технологического процесса эпитаксии. Установки для проведения эпитаксии.
18. Хлоридный и гидридный методы эпитаксии кремния.
19. Гетероэпитаксия кремния на диэлектрике.
20. Процессы легирования эпитаксиальных структур. Особенности технологического оборудования.
21. Функциональные назначения диэлектрических пленок в п/пр. электронике. Требования, параметры.
22. Процесс термического окисления кремния в парах воды.
23. Процесс термического окисления кремния в сухом и во влажном кислороде.
24. Комбинированный метод термического окисления кремния. Оборудование.
25. Процессы осаждения оксида кремния термическим разложением тетраэтоксисилана и окислением силана кислородом.
26. Методы химического осаждения пленок нитрида кремния. Оборудование.
27. Реактивное катодное и ионно-плазменное осаждение пленок нитрида кремния. Оборудование.
28. Процесс термического вакуумного напыления, описание, оборудование.
29. Литографические процессы, назначение, описание, разновидности.
30. Разновидности литографии, сравнение методов, достоинства, недостатки.
31. Резистивные пленки в литографии. Требования, параметры. Позитивные и негативные фоторезисты.
32. Контактная фотолитография, последовательность операций.
33. Фоторезисты. Назначение. Фотохимические процессы в фоторезистах.
34. Методы нанесения фоторезистивных пленок.
35. Контактная фотолитография. Операции совмещения и экспонирования.
36. Проявление фоторезиста. Оптические эффекты при экспонировании. Виды брака при фотолитографии.
37. Проекционная фотолитография. Способы. Современные методы и устройства оптической коррекции.
38. Рентгенолитография и электронно-лучевая литография. Резист PMMA.
39. Современные методы литографии (нанолитографии). Зондовая, перьевая. Нанопечать.

Составил
к.ф.-м.н., доцент кафедры микро- и наноэлектроники Зубков М.В.

Зав. кафедрой микро- и наноэлектроники
д.ф.-м.н., доцент Литвинов В.Г.

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО **ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Литвинов Владимир Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ **03.11.26** 18:29 (MSK) Простая подпись