

**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: Полупроводниковые материалы и структуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Микроэлектроника**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d

Д.С.
Холодный

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d

Д.С.
Холодный

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

А.З.
Славинский

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-2 Способен проводить исследования материалов и изделий микро- и нанoeлектроники

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС». (Контрольная работа)
2. КМ-2 Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой». (Контрольная работа)
3. КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС». (Контрольная работа)
4. КМ-4 «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки. структуры, преимущества и недостатки». (Контрольная работа)
5. КМ-5 «Униполярные приборы в цифровых ИМС» (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	3	6	9	12
(1) Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.					
(1) Роль микроэлектроники и нанoeлектроники в научно-техническом прогрессе. Системы классификация изделий электронной техники.	+				
(2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.					
(2) Межэлементная изоляции в ИМС с применением обратно-смещенного р-п перехода, U- и V-образных канавок. Диэлектрическая и комбинированная изоляция.	+				
(3) Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.					

(3) Создание межэлементной изоляции - особенности проведения технологических операций диффузии, литографии, газового, ионно-плазменного и фото-стимулированного травления.	+				
(4) Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л					
(4) Особенности применения биполярных структур в логических схемах: ТТЛ, ЭСЛ и И2Л		+			
(5) Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС					
(5) Горизонтальный р-п-р транзистор, транзистор с барьером Шоттки. Интегральные диоды и стабилитроны. Пассивные элементы ИМС		+			
(6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)					
(6) Преобразование аналогового сигнала в дискретный, метод импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)			+		
(7) Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.					
(7) Мультиплексирование каналов цифровой связи, синхронизация сетей. Коды цифровых линий связи.				+	
(8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.					
(8) Униполярные приборы. Расчет порогового напряжения, учет влияния различных факторов на его величину.				+	
(9) МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.					
(9) МОП полевой транзистор с алюминиевым и поликремниевым затворами. Диффузионные МОП полевые транзисторы.					+
(10) Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЕР- и НЕМТ-структуры.					
(10) Комплементарные структуры, КМОП-инвертор. Структуры с управляющим р-п переходом. МЕР- и НЕМТ-структуры.					+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

БРС курсовой работы/проекта

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
1 Раздел 1		+			

2 Раздел 2		+		
3 Раздел 3			+	
4 Раздел 4				+
Вс КМ:	25	25	25	25

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-2	ПК-2(Компетенция)	Знать: уметь 4 особенности применения и конструктивно-технологические требований, предъявляемых к приборам, предназначенных для обработки цифровых сигналов. особенности изготовления и применения комплементарных МОП и МДП структур, структур с управляющим р-п переходом, МЕР-структур, транзисторов с высокой подвижностью электронов (НЕМТ-приборов) назначение, принципы практического применения, конструктивные особенности биполярных и	КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС». (Контрольная работа) КМ-2 Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой». (Контрольная работа) КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС». (Контрольная работа) КМ-4 «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки. конструкции, преимущества и недостатки». (Контрольная работа) КМ-5 «Униполярные приборы в цифровых ИМС» (Контрольная работа)

		униполярных приборов, используемых в качестве активных элементов современных СБИС и УБИС; Уметь: использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных. делать научно-обоснованные выводы по результатам выполненных исследований изделий микро- и нанoeлектроники, применять методы анализа для выбора адекватных конструктивно-технологические решений при создании приборов микро- и нанoeлектроники; использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных.	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС».

Краткое содержание задания:

КМ-1 Тест «Основные типы межэлементной изоляции ИМС».

Контрольные вопросы/задания:

Знать: назначение, принципы практического применения, конструктивные особенности биполярных и униполярных приборов, используемых в качестве активных элементов современных СБИС и УБИС;	1.КМ-1 знать 2 1. На примере n-p-n транзистора в составе ИМС объясните назначение эпитаксиального слоя в межэлементной изоляции и последовательность технологических операций по его созданию. 2. На примере n-p-n транзистора в составе ИМС объясните назначение и последовательность технологических операций по созданию межэлементных изолирующих областей. Поясните основные требования, предъявляемые к легирующей примеси при ее выборе.
Знать: особенности изготовления и применения комплементарных МОП и МДП структур, структур с управляющим p-n переходом, МЕР-структур, транзисторов с высокой подвижностью электронов (НЕМТ- приборов)	1.КМ-1 знать 1 1. Приведите определение интегральной микросхемы; объясните назначение межэлементной изоляции в ИМС, создаваемых на базе биполярных транзисторов. В чем заключаются основные преимущества использования транзисторов n-p-n типа по сравнению с транзисторами p-p-n типа в ИМС. 2. На примере n-p-n транзистора в составе ИМС объясните назначение скрытого слоя в межэлементной изоляции и последовательность технологических операций по его созданию. 2.КМ-1 знать 4 1. Совмещенная межэлементная изоляция в ИМС: поясните основные преимущества и недостатки ее применения. Объясните назначение и порядок выполнения основных технологических операций по созданию межэлементной изоляции по технологии «Изопланар». Приведите аргументы в пользу ее применения. 2. Структуры с изолирующими канавками: сравните преимущества и недостатки использования методов ионно-плазменного и фотостимулированного травления кремния. Приведите основные

	преимущества и недостатки использования метода щелевой изоляции.
--	--

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 задачи

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. Км-2 Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой».

Краткое содержание задания:

Контрольная работа «Основы преобразования аналогового сигнала в цифровой».

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности применения и конструктивно-технологические требований, предъявляемых к приборам, предназначенных для обработки цифровых сигналов.	1.КМ-2 знать 1 1. Приведите и поясните основные операции по преобразованию непрерывного аналогового сигнала в дискретную форму. Объясните термин «Частота дискретизации». 2. Объясните основной вывод теоремы Котельникова об условиях сохранения информации при преобразовании аналогового сигнала в дискретный и восстановлении аналогового сигнала по дискретному после его передачи по каналу связи. 2.КМ-2 знать 2. 1. Объясните назначение и основные операции, выполняемые в методе импульсно-кодовой модуляции (ИКМ-преобразовании), которые применяются при преобразовании аналогового сигнала в цифровую форму. 2. Объясните, с чем связана необходимость использования операции квантизации при ИКМ-
--	---

	преобразовании. Поясните происхождение шума квантизации и меры, позволяющие уменьшить его.
Знать: уметь 4	1.КМ-2 знать 3 1. Объясните необходимость сжатия цифрового сигнала. Поясните, почему применяется нелинейный (логарифмический) закон компрессирования. 2. В чем заключается принцип мультиплексирования (уплотнения) каналов связи. Объясните работу принципиальной схемы уплотнения на примере 24-х независимых речевых каналов связи. 2.КМ-2 знать 4 1. Приведите и поясните определения «временной слот и кадр (фрейм)», применяемых при мультиплексировании каналов. Приведите и поясните структуру кадра цифрового сигнала низшего уровня DS-1. Поясните, в чем заключается принцип разделения каналов связи по времени при мультиплексировании (TDM). 2. Объясните, как определяется скорость передачи информации (емкость информационного канала связи) на примере цифрового сигнала DS-1. Чем определяется эффективность канала при цифровой передаче? Приведите и объясните структуру кадра E1 Европейского стандарта передачи цифровой информации, его основные отличия от стандарта, принятого в странах Северной Америки и Канады.

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 задачи

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 в отведенное время

КМ-3. КМ-3 Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС».

Краткое содержание задания:

Тест «Особенности использования биполярных структур в цифровых ИМС».

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: делать научно-обоснованные выводы по результатам выполненных исследований изделий микро- и нанoeлектроники,	1.КМ-3 уметь 2 Рассчитать и построить передаточную характеристику инвертора на биполярном транзисторе в случае использования элементов схемы со следующими значениями: $R_b = 15 \text{ кОм}$, $R_k = 3 \text{ кОм}$, $E_k = 6 \text{ В}$, $\beta = 70$
--	---

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. КМ-4 «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки. структуры, преимущества и недостатки».

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: «Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки».

Краткое содержание задания:

«Технологии создания МОП-структур с алюминиевым и поликристаллическим затворами: особенности конструкции, преимущества и недостатки».

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных.	1.КМ-4 уметь 4 Рассчитать емкость подзатворного диэлектрика МОП полевого транзистора. В качестве диэлектрика
---	---

	используется диоксид гафния, диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 24$, толщина окисла составляет 80 нм.
--	--

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-5. КМ-5 «Униполярные приборы в цифровых ИМС»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: «Униполярные приборы в цифровых ИМС»

Краткое содержание задания:

«Униполярные приборы в цифровых ИМС»

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: использовать справочную и специальную литературу для сбора и анализа данных.	1.КМ-5 уметь 3 Рассчитать протяженность области пространственного в области канала МОП полевого транзистора при возникновении условия сильной инверсии ($2U_f = 0,78 \text{ В}$), степень легирования n-подложки в области канала составляет 510^{17} см^{-3} Считать, что диэлектрическая проницаемость кремния равна 12. 2.КМ-5 уметь 4 Рассчитать плотность заряда ионизированной примеси в области ОПЗ р-канального МОП полевого транзистора при условии, что степень легирования подложки в области формирования канала $N_d = 810^{16} \text{ см}^{-3}$, протяженность области пространственного заряд [при условии сильной инверсии проводимости ($2U_f = 0,82 \text{ В}$)] составляет $w = 710^{-5} \text{ см}$.
Уметь: применять методы	1.КМ-5 уметь 1

анализа для выбора адекватных конструктивно-технологические решений при создании приборов микро- и нанoeлектроники;	Рассчитать протяженность области пространственного в области канала МОП полевого транзистора при возникновении условия сильной инверсии ($2U_f = 0,72 \text{ В}$), степень легирования р-подложки в области канала составляет 310^{16} см^{-3}. Считать, что диэлектрическая проницаемость кремния равна 12. 2.КМ-5 уметь 2 Рассчитать плотность заряда ионизированной примеси в области ОПЗ n-канального МОП полевого транзистора при условии, что степень легирования подложки в области формирования канала $N_a = 510^{17} \text{ см}^{-3}$, протяженность области пространственного заряда (при условии сильной инверсии проводимости ($2U_f = 0,82 \text{ В}$)) составляет $w = 310^{-5} \text{ см}$.
---	---

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

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

пример билета

Процедура проведения

по билетам

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

1. Компетенция/Индикатор: ПК-2(Компетенция)

Вопросы, задания

- 1.билет 1 вопрос 1
- 2.билет 2 вопрос 1
- 3.билет 3 вопрос 2
- 4.билет 4 вопрос 1
- 5.билет 5 вопрос 2
- 6.билет 6 вопрос 1
- 7.билет 7 вопрос 12
- 8.билет 8 вопрос 2
- 9.билет 9 вопрос 1
- 10.билет 10 вопрос 1

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.остаточные 1 вопрос 1
Ответы:
1 остаточные 1 вопрос 1 варианты 123
Верный ответ: 1 остаточные ответ 1
2. остаточные 2 вопрос 2
Ответы:
остаточные 2 вопрос 2 варианты 123
Верный ответ: остаточные 2 ответ 1
- 3.остаточные 3 вопрос 3
Ответы:
3остаточные 3 вопрос 3 варианты 123
Верный ответ: остаточные ответ 3
- 4.остаточные 4 вопрос 4
Ответы:
остаточные 4 вопрос 4 варианты 123
Верный ответ: 4остаточные ответ 4
- 5.остаточные 5 вопрос 5
Ответы:
остаточные 5 вопрос 5 варианты 123
Верный ответ: остаточные ответ 5
- 6.остаточные 6 вопрос 6

Ответы:
остаточные 6 вопрос 6 варианты 123
Верный ответ: остаточные ответ 6
7.остаточные 7 вопрос 7
Ответы:
остаточные 7 вопрос 7 варианты 123
Верный ответ: остаточные ответ 7
8.остаточные 8 вопрос 8
Ответы:
остаточные 7 вопрос 7 варианты 123
Верный ответ: остаточные ответ 8

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

Для курсового проекта/работы:

1 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

по презентации

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

стандартная