

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Физика МДП-структур**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

Д.А. Зезин

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. ПК-2 Способен осуществлять расчет и проектирование полупроводниковых приборов и устройств, проводить моделирование и анализ с использованием средств автоматизации проектирования

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-2 (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-4 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 (Контрольная работа)

2. КМ-3 (Контрольная работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Основные понятия.					
Основные понятия.		+			
Простейшие полевые приборы					
Простейшие полевые приборы			+		
Модели полевых ИС					
Модели полевых ИС				+	
ИС на основе полевых транзисторов					

ИС на основе полевых транзисторов				+
Транзисторы на основе широкозонных полупроводников и гетеропереходов. Особенности функционально ориентированных ИС				
Транзисторы на основе широкозонных полупроводников и гетеропереходов. Особенности функционально ориентированных ИС				+
Вес КМ:	10	20	20	50

\$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
ПК-2	ИД-1ПК-2 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	Знать: основные физические процессы, определяющие параметры и математические модели полевых транзисторов методы оптимизации параметров полупроводниковых полевых транзисторов Уметь: создавать модели полевых полупроводниковых приборов оценивать параметры моделей полупроводниковых приборов	КМ-1 (Контрольная работа) КМ-2 (Контрольная работа) КМ-3 (Контрольная работа) КМ-4 (Расчетно-графическая работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент защищает результаты практического задания, отвечая устно на вопросы преподавателя

Краткое содержание задания:

Выполнить проверочную работу по заданию преподавателя

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы оптимизации параметров полупроводниковых полевых транзисторов	1. 1. 1. Какие разновидности полевых транзисторов существуют? 2. Как с помощью полевого транзистора происходит преобразование энергии относительно мощного источника питания выходной цепи в энергию электрических колебаний? 3. Почему свойства и характеристики полевых транзисторов следует описывать системой уравнений, в которых токи являются функциями напряжений, а не наоборот? 4. Какие физические факторы могут влиять на характер зависимости тока стока от напряжения на стоке полевого транзистора с управляющим переходом?
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: студент полностью верно ответил на поставленные вопросы.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: не выполнены предыдущие условия

КМ-2. КМ-2

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент защищает результаты практического задания, отвечая устно на вопросы преподавателя

Краткое содержание задания:

Выполнить проверочную работу по заданию преподавателя

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные физические процессы, определяющие параметры и математические модели полевых транзисторов	1.1. Рабочая точка. Прохождение малого переменного сигнала через транзистор. 2. Принцип работы транзистора. 3. Режимы работы транзистора. 4. Принцип усиления сигнала транзистором. 5. Характеристики транзисторов в схеме с ОИ: передаточная, выходная характеристики. 6. Температурные зависимости характеристик и параметров транзисторной структуры. 7. Основные электрические параметры транзисторов. 8. Отличие характеристик кремниевых и германиевых транзисторов. 9. Основные операции технологического процесса изготовления транзисторных структур в интегральном исполнении. 10. Отличие реальных полупроводниковых структур от идеальных.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: студент полностью верно ответил на поставленные вопросы

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Предыдущие варианты не выполнены

КМ-3. КМ-3

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент защищает результаты практического задания, отвечая устно на вопросы преподавателя

Краткое содержание задания:

Выполнить проверочную работу по заданию преподавателя

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: оценивать параметры	1. На построенных профилях легирования покажите
----------------------------	---

моделей полупроводниковых приборов	области стока, истока, канала, подложки. Каким образом следует изменить параметры загонки (разгонки) примеси, чтобы уменьшить удельное сопротивление основных слоев транзистора? По полученным профилям сделайте вывод о модели р-п-переходов. По рассчитанным электрическим параметрам проведите экстракцию SPICE - параметров.
------------------------------------	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: студент полностью верно ответил на поставленные вопросы

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены предыдущие условия

КМ-4. КМ-4

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент выполняет РГР

Краткое содержание задания:

Выполнить и защитить РГР

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: создавать модели полевых полупроводниковых приборов	1. 1. Провести расчет параметров транзистора в зарядовой модели. 2. Выполнить анализ водникающих погрешностей. 3. Выполнить расчет характеристик транзистора. 4. Сравнить результат со SPICE - моделей
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: студент полностью верно ответил на поставленные вопросы

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: студент ответил на поставленные вопросы с небольшими недочётами

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: студент верно ответил на 50 % поставленных вопросов, а на остальные вопросы смог ответить, используя подсказки преподавателя

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнены предыдущие условия

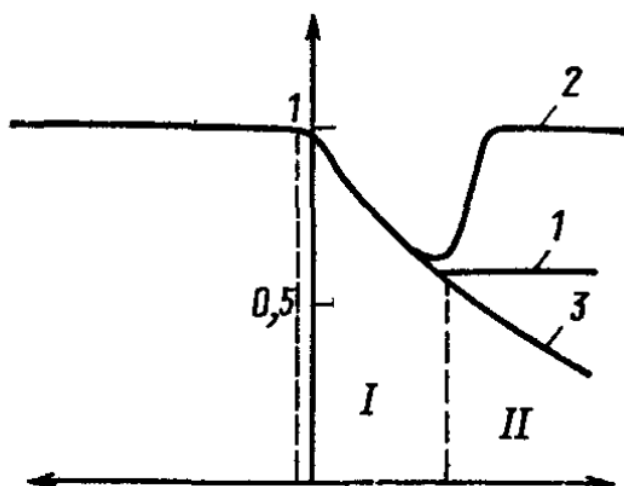
СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Биполярное уравнение непрерывности. Понятие о квазинейтральности. Статическая ВАХ диодной структуры при высоком и низком уровнях инжекции в базовом слое.
2. Понятие о критическом заряде включения Q_{crit} . Эффект dU/dt . Эффект dI/dt . Время выключения тиристора.
3. Практическое задание
Обозначьте оси. Опишите физические процессы, приводящие к вариантам графика 1, 2, 3. Какому режиму работы прибора соответствуют области I и II на графике.



Процедура проведения

Студент получает билет для самостоятельной подготовки. Подготовка для устного экзамена - 1 час. По окончании подготовки студент отвечает экзаменатору.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

Вопросы, задания

- 1.1. Характерные длины и времена в физике полупроводников и полупроводниковых приборов. Понятие о квазинейтральности.
Условие возникновения рп-перехода и его свойства (потенциальный барьер, электрическое поле рп-перехода, ёмкость рп-перехода, ВАХ рп-перехода).
Генерация и рекомбинация в области пространственного заряда рп-перехода.
Частотные свойства транзистора. Граничная частота транзистора в схеме с общей базой, предельная частота коэффициента усиления по току транзистора в схеме с общим эмиттером.
Двухтранзисторная модель работы тиристора.

ВАХ тиристора в выключенном состоянии.
Параметры, характеризующие точку переключения тиристора.
Шунтировка эмиттерного перехода тиристора.
ВАХ тиристора при обратном смещении.
Понятие о критическом заряде включения Q_{crit} . Эффект dU/dt . Эффект dI/dt . Время выключения тиристора.
Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом (JFET).
Полевые транзисторы с управляющей МОП структурой (MOSFET).

Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. По какой причине в полупроводниковом диоде при выключении импульса тока напряжение на диоде обновляется с задержкой?

Ответы:

- а) Избыточные инжектированные носители в базе создают достаточную разность потенциалов, чтобы р-п-переход оставался прямо смещённым.
- б) По окончании импульса тока некоторое время процессы генерации преобладают над процессами рекомбинации.
- в) По окончании импульса тока начинается инжекция из базы в эмиттер.
- г) Структура полупроводникового диода представляет собой индуктивность, перезарядка которой и определяет напряжение на переходе.

Верный ответ: а

2.2. Каким явлением определяется время рассасывания электронов в базе диода при переходном процессе?

Ответы:

- а) Процессом рекомбинации избыточных носителей в базе.
- б) Процессом рекомбинации избыточных носителей в эмиттере.
- в) Процессом генерации избыточных носителей в базе.
- г) Процессом генерации избыточных носителей в эмиттере.

Верный ответ: а

3. В чем отличие процесса выключения диода (ток через диод переходит из прямого направления в ток равный нулю) от процесса переключения диода (ток через диод переключается из прямого в обратное направление)?

Ответы:

- а) При выключении градиент концентрации неосновных носителей в базе на границе р-п-перехода равен нулю.
- б) При выключении градиент концентрации неосновных носителей в базе на границе р-п-перехода не равен нулю и пропорционален протекающему через переход току.
- в) При выключении градиент концентрации неосновных носителей в базе линейно зависит от расстояния до границы перехода.
- г) При выключении концентрация неосновных носителей в базе вблизи границы ОПЗ меньше, чем на некотором расстоянии от неё.

Верный ответ: а

4.4. По какой причине в биполярном транзисторе эмиттерная область намного меньше коллекторной?

Ответы:

- а) Задача эмиттера инжектировать, задача коллектора — собирать носители заряда.
- б) В коллекторе рассеивается основная часть мощности транзистора.
- в) Эмиттер делают маленьким с целью экономии места на кристалле.
- г) Маленький коллектор обеспечивает максимальное быстродействие.

Верный ответ: а

5. Что такое $h_{21э}$?

Ответы:

- а) Коэффициент передачи по току в схеме общий эмиттер.
- б) Входное сопротивление в схеме общий эмиттер.
- в) Выходная проводимость в схеме общий эмиттер.
- г) Коэффициент обратной связи в схеме общий эмиттер.

Верный ответ: а

6.6. Чем отличается диодное включение биполярного транзистора с закороченным коллекторным р-п-переходом от диодного включения с разомкнутым коллекторным р-п-переходом?

Ответы:

- а) При разомкнутом включении будет снижен ток насыщения получившегося диода.
- б) При разомкнутом включении будет снижена контактная разность получившегося диода.
- в) При разомкнутом включении будет снижено сопротивление базы получившегося диода.
- г) При разомкнутом включении будет снижено напряжение пробоя получившегося диода.

Верный ответ: а

7. По какой причине на выходных характеристиках транзистора, включенного по схеме ОБ, ток коллектора в активном режиме почти не зависит от напряжения коллектор — база?

Ответы:

- а) Все носители, инжектированные эмиттером, захватываются коллекторным переходом.
- б) Наблюдается эффект насыщения дрейфовой скорости носителей.
- в) Наблюдается эффект Кирка.
- г) Наблюдается эффект Эрли.

Верный ответ: а

8. По какой причине ПТУП чувствителен к полярности напряжения на затворе?

Ответы:

- а) При неверной полярности управляющий р-п-переход смещается прямо, и ПТУП превращается в прямосмещенный диод.
- б) При неверной полярности возникает пробой изолирующего диэлектрика.
- в) При неверной полярности возникает эффект насыщения дрейфовой скорости.
- г) При неверной полярности выходное сопротивление транзистора уменьшается на два порядка.

Верный ответ: а

9. При каких условиях ширина канала ПТУП максимальна?

Ответы:

- а) Напряжение на затворе и стоке равны нулю.
- б) Напряжение на затворе равно нулю, напряжение на стоке не равно нулю.
- в) Напряжение на затворе не равно нулю, напряжение на стоке равно нулю.
- г) Напряжение на затворе не равно нулю, напряжение на стоке не равно нулю.

Верный ответ: а

10. По какой причине на выходных характеристиках МДП существует участок, на котором ток стока не зависит от напряжения на затворе?

Ответы:

- а) Наблюдается эффект насыщения дрейфовой скорости.
- б) Наблюдается эффект отеснения тока стока.
- в) Наблюдается эффект ударной ионизации и лавинного умножения носителей заряда.
- г) Наблюдается эффект отрицательного дифференциального сопротивления.

Верный ответ: а

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания:

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка выставляется по результатам экзамена с учётом системы БАРС.