

**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
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

Д.А. Зезин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f

(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий
выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70cafb8

(подпись)

И.Н.

Мирошникова

(расшифровка подписи)

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:

- ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов
ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

- КМ-2 (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

- КМ-4 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Проверка задания

- КМ-1 (Контрольная работа)
- 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-1	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	Знать: методы оптимизации параметров полупроводниковых полевых транзисторов основные физические процессы, определяющие параметры и математические модели полевых транзисторов Уметь: оценивать параметры моделей полупроводниковых приборов создавать модели полевых 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	<ol style="list-style-type: none">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.

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:

<p>Знать: основные физические процессы, определяющие параметры и математические модели полевых транзисторов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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

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:

<p>Уметь: оценивать параметры моделей полупроводниковых приборов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. На построенных профилях легирования покажите 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
--	---

	<p>p-n-переходов. По рассчитанным электрическим параметрам проведите экстракцию SPICE - параметров.</p>
--	---

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

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:

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

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

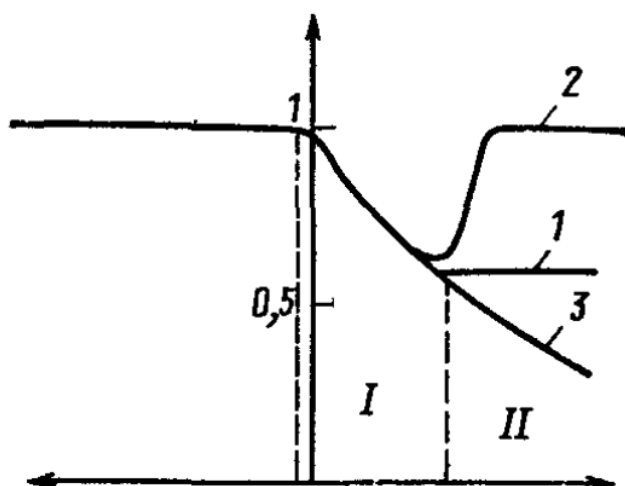
СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

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.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} 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 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.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка выставляется по результатам экзамена с учётом системы БАРС.