

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Электроника**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Торина Е.М. |
| | Идентификатор | Rf078b9d4-DrozdovaYM-9d5fc66c |

Е.М. Торина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Остапенков П.С. |
| | Идентификатор | R6356f55c-OstapenkovPS-854af18 |

П.С.
Остапенков

Заведующий
выпускающей кафедры

| | | |
|--|--|----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Сафин А.Р. |
| | Идентификатор | Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814 |

А.Р. Сафин

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. ОПК-1 способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ИД-2 Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

2. ОПК-2 способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

ИД-2 Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа)
2. ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа)
3. ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа)
4. ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КР №1.1. Физические основы электропроводности п/п. (Контрольная работа)
2. КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа)
3. КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа)

БРС дисциплины

4 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | | | | |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
| | Срок КМ: | 4 | 8 | 8 | 12 | 14 | 15 | 16 |
| Физические основы полупроводниковой электроники | | | | | | | | |
| Физические основы полупроводниковой электроники | | | + | | | | | |
| Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шоттки, гетеропереходы | | | | | | | | |
| Контактные явления. Электронно-дырочный переход, барьер Шотт-ки, | | | + | | | | | |

| | | | | | | | |
|--|---|----|----|----|----|----|----|
| гетеропереходы | | | | | | | |
| Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода. | | | | | | | |
| Полупроводниковые диоды на основе электронно-дырочного перехода. | + | | + | + | + | + | + |
| Биполярные транзисторы | | | | | | | |
| Биполярные транзисторы | + | | + | + | + | + | + |
| Полевые транзисторы | | | | | | | |
| Полевые транзисторы | + | | + | + | + | + | + |
| Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры | | | | | | | |
| Оптоэлектронные полупроводниковые элементы и структуры | | | | + | | + | + |
| Вес КМ: | 4 | 12 | 20 | 20 | 20 | 12 | 12 |

\$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 |
|--------------------|---|--|--|
| ОПК-1 | ИД-2 _{ОПК-1} Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера | Знать: физическое основы электропроводности основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа) КР №1.1. Физическое основы электропроводности п/п. (Контрольная работа) ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа) ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа) ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа) КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа) КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа) |
| ОПК-2 | ИД-2 _{ОПК-2} Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования | Знать: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ Уметь: | ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов (Лабораторная работа) ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов (Лабораторная работа) ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора (Лабораторная работа) ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора (Лабораторная работа) КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов (Контрольная работа) КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов (Контрольная работа) |

| | | | |
|--|--|--|---------|
| | | проводить расчет вольт-амперных характеристик активных приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата | работа) |
|--|--|--|---------|

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. ЛР №1.1. Статические характеристики п/п диодов

Формы реализации: Допуск к лабораторной работе

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 4

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

Краткое содержание задания:

Измерение статических характеристик полупроводниковых диодов

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|---|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | <ol style="list-style-type: none">1.1. Пояснить, каким образом получается изображение статической характеристики диода на экране осциллографа. Какую роль играет форма импульсов напряжения?2. Как влияет увеличение измерительного сопротивления на форму наблюдаемой характеристики?3. Как изменится <i>прямая ветвь</i> статической характеристики, если температуру кремниевого диода увеличить на 50 К?4. В чем сходство и различие <i>прямых ветвей</i> статических характеристик германиевого и кремниевого диодов? |
| Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик активных приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата | <ol style="list-style-type: none">1. Учет и исключение при обработке измерений влияния измерительного сопротивления на форму прямой ветви статической характеристики диода2. Составить схему для измерения статических характеристик диодов |

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-2. КР №1.1. Физическое основы электропроводности п/п.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 12

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает индивидуальное задание из 3-х вопросов. В течение 1 ч. 30 мин. студент в аудитории письменно отвечает на эти вопросы

Краткое содержание задания:

Задано:

Тип материала, тип проводимости п/п, концентрация примеси, концентрация собственных носителей заряда. Температура T_0 , изменение температуры ΔT

Задача 1.

Определить тип примеси. Рассчитать концентрации основных и неосновных подвижных носителей заряда. Как они изменятся при повышении температуры на ΔT ? Если изменятся, то рассчитайте во сколько раз.

Задача 2.

Изобразите и поясните зависимость концентрации основных носителей заряда в зоне проводимости (или в валентной зоне) п/п заданного типа с заданной концентрацией примеси от температуры в интервале $0 < T < 600$ К. Как она изменится, если концентрация примеси станет в 4 раза выше и почему?

Задача 3

Рассчитайте удельные проводимости чистого п/п и п/п с заданной примесью при $T=T_0$ и заданной концентрация собственных носителей заряда, если подвижность электронов $\mu_n = 3900$ см²/В с, подвижность дырок $\mu_p = 1900$ см²/В с. Как изменятся эти проводимости с повышением температуры на ΔT К? Если изменятся, то рассчитайте во сколько раз.

| Группа/номер в журнале | Тип материала | Концентрация собственных носителей заряда, см ⁻³ | Тип проводимости п/п | Концентрация примеси, см ⁻³ | T_0 | ΔT |
|------------------------|---------------|---|----------------------|--|-------|------------|
| 11/1 | Si | $1,5 \cdot 10^{10}$ | n- | 10^{15} | 290 | 30 |
| 11 /2 | Ge | $2,5 \cdot 10^{13}$ | p- | $2 \cdot 10^{15}$ | 300 | 30 |
| 11 /3 | Si | $1,5 \cdot 10^{10}$ | n- | $3 \cdot 10^{15}$ | 310 | 30 |
| 11/4 | Ge | $2,5 \cdot 10^{13}$ | p- | $4 \cdot 10^{15}$ | 290 | 30 |
| 11 /5 | Si | $1,5 \cdot 10^{10}$ | n- | $5 \cdot 10^{15}$ | 300 | 30 |
| 11 /6 | Ge | $2,5 \cdot 10^{13}$ | p- | $6 \cdot 10^{15}$ | 310 | 30 |
| 11 /7 | Si | $1,5 \cdot 10^{10}$ | n- | $7 \cdot 10^{15}$ | 290 | 30 |
| 11 /8 | Ge | $2,5 \cdot 10^{13}$ | p- | $8 \cdot 10^{15}$ | 300 | 30 |
| 11 /9 | Si | $1,5 \cdot 10^{10}$ | n- | $9 \cdot 10^{15}$ | 310 | 30 |

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: физическое основы электропроводности | 1. В 4-х валентный элемент введена 5-ти валентная примесь. Определите тип полупроводника 2. В 4-х валентный элемент введена 3-х валентная |
|---|--|

| | |
|--|--|
| | примесь. Определите тип полупроводника 3.Какие области возникают при контакте полупроводников р-типа и n-типа |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено полностью

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Из 3-х заданий выполнено 2.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 30

Описание характеристики выполнения знания: Из 3-х заданий с незначительными ошибками выполнены все

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Не выполнено ни одно задание или все задания выполнены с грубыми ошибками

КМ-3. ЛР №1.2. Статические характеристики биполярных транзисторов

Формы реализации: Допуск к лабораторной работе

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

Краткое содержание задания:

Измерение статических характеристик биполярных параметров

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|--|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | 1.Изобразить семейства статических характеристик транзистора. 2.Пояснить, как влияют на ВАХ биполярного транзистора напряжения питания, температура. |
| Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик активных приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата | 1.Определение количествен-ных параметров статических характеристик биполярных транзисторов 2.Количественное определение ошибки, которую вносит измерительное сопротивление $R_{и} = 10 \text{ Ом}$ в расчет крутизны проход-ной характеристики. |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Правильные ответы на все контрольные вопросы, наличие правильной подготовки. Задание выполнено полностью. Есть опечатки в оформлении отчета

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Не все ответы на все контрольные вопросы верные, наличие правильной подготовки. Задание выполнено полностью. Есть ошибки в расчетах

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Неточные ответы на все контрольные вопросы, наличие правильной подготовки. Задание выполнено полностью. Есть грубые ошибки в измерениях и оформлении отчета

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-4. ЛР №1.3. Параметры модели биполярного транзистора

Формы реализации: Допуск к лабораторной работе

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

Краткое содержание задания:

Измерение и расчет параметров малосигнальной эквивалентной схемы биполярного транзистора импульсным методом

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | 1.Поясните физический смысл элементов малосигнальной эквивалентной схемы транзистора. 2.Что такое граничная частота по крутизне. |
| Знать: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ | 1.Дайте определение понятия граничная частота биполярного транзистора |
| Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик активных приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата | 1.Определение элементов эквивалентной схемы БТ, пользуясь осциллограммами переходных процессов. |

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. ЛР №1.4. Статические характеристики полевого транзистора

Формы реализации: Допуск к лабораторной работе

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка подготовки к лабораторной работе, опрос по контрольным вопросам

Краткое содержание задания:

Измерение статических характеристик полевых транзисторов

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|--|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | 1. Проходные и выходные характеристик полевых транзисторов различных типов: а) с изолированным затвором и встроенным каналом <i>n</i> -типа; б) с изолированным затвором и индуцированным каналом <i>p</i> -типа; в) с управляющим <i>p-n</i> переходом и каналом <i>p</i> -типа. 2. Методика расчета крутизны проходной характеристики и выходного дифференциального сопротивления полевого транзистора 3. Принцип работы характеристики графа 4. Области работы полевых транзисторов |
| Уметь: проводить расчет вольт-амперных характеристик активных приборов с помощью соответствующего физико-математического аппарата | 1. Уметь рассчитывать по модели вольт-амперные характеристики разных типов полевых транзисторов |

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-6. КР №1.2. Принцип действия биполярных транзисторов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 12

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает индивидуальное задание из 4-х вопросов. В течение 1 ч. 30 мин. студент в аудитории письменно отвечает на эти вопросы

Краткое содержание задания:

Определение областей работы биполярного транзистора и соответствие эквивалентной нелинейной и линейной схемы этой области

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | 1. Определите в какой области работает Si n-p-n БТ, если $U_{B'Э} = 0,65$ В, $U_{B'К} = -20$ В. Нарисуйте передаточную модель БТ, описывающую работу БТ по постоянному току в этой области. 2. Напишите уравнения для расчета входных, проходных и выходных характеристик БТ, включенного по схеме ОЭ. Изобразите входные и проходные характеристики для активной области и области насыщения характеристики. 3. Изобразите схему передаточной зарядовой модели для активной области работы биполярного транзистора. |
| Знать: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ | 1. Изобразите малосигнальную ВЧ эквивалентную схему БТ для активной области (схему Джиаклетто). Поясните физический смысл ее элементов. Для режима, в котором постоянный ток коллектора $I_{К0} = 10$ мА, $CЭ = 8$ пФ, $СКП = СКА = 1$ пФ, $r_b = 100$ Ом, $\beta = 100$, $f_T = 300$ МГц, рассчитайте диффузионную емкость, крутизну по входу S на низкой частоте и граничную частоту по коэффициенту передачи по току β . Поясните смысл этой частоты. |

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-7. КР №1.3. Принцип действия полевых транзисторов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 12

Процедура проведения контрольного мероприятия: Каждый студент получает индивидуальное задание из 4-х вопросов. В течение 1 ч. 30 мин. студент в аудитории письменно отвечает на эти вопросы

Краткое содержание задания:

Изобразить условное графическое обозначение МОП с индуцированным n-каналом. Изобразить проходную и выходную характеристики заданного ПТ. Изобразить структуры заданного ПТ при работе в крутой и пологой области. Рассчитать крутизну проходной характеристики ПТ, если известны параметры параболической аппроксимации проходной характеристики и рабочая точка. Изобразить эквивалентную схему ПТ, работающего в пологой области на умеренно высоких частотах.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|---|
| Знать: основные типы активных приборов, их модели и способы количественного описания с привлечением соответствующего физико-математического аппарата | 1. Условные графические обозначения полевых транзисторов разного типа. 2. Области работы полевых транзисторов. |
| Знать: методы математического моделирования основных характеристик полупроводниковых приборов и описания принципов их работы с использованием типовых моделей и стандартных прикладных программ | 1. Эквивалентные малосигнальные схемы полевых транзисторов на средних и умеренно-высоких частотах. |

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

4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Концентрация собственных носителей тока в Ge $n_i = 2.25 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3}$
подвижность электронов $\mu_n = 0,4 \text{ м}^2/\text{Вс}$, подвижность дырок $\mu_p = 0,2 \text{ м}^2/\text{Вс}$.
Определите проводимости а) чистого германия, б) германия, легированного элементом 3 группы, если концентрация легирующих примесей равна $4,5 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$ и все примеси ионизированы, в) германия, легированного элементом 5 группы, если концентрация легирующих примесей равна $4,5 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$ и все примеси ионизированы.
2. Изобразите малосигнальную высокочастотную эквивалентную схему биполярного транзистора для активной области (схему Джиаколетто). Поясните физический смысл ее элементов. Для режима, в котором постоянный ток коллектора $I_{к0} = 5 \text{ мА}$, $C_{э} = 8 \text{ пФ}$, $C_{ка} = C_{кп} = 1 \text{ пФ}$, $r_{б} = 100 \text{ Ом}$, $\beta = 100$, $f_T = 800 \text{ МГц}$ найдите диффузионную емкость S_D , крутизну проходной характеристики транзистора на низкой частоте и граничную частоту по крутизне.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ОПК-1} Применяет естественнонаучные знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

Вопросы, задания

1. Что такое эффективная плотность состояний электронов в зоне проводимости? Как она зависит от температуры и почему?
2. Изобразите и сравните между собой вольтфарадные характеристики варикапов с плавным, резким и сверхрезким p - n переходами. Для варикапа с резким ступенчатым переходом изобразить распределения плотности пространственного заряда, напряженности электрического поля и потенциала вдоль оси, перпендикулярной плоскости перехода, при двух значениях закрывающего напряжения.
3. Сравните между собой крутизны проходных характеристик биполярного и полевого транзисторов, при параболической аппроксимации, работающих при одинаковых постоянных токах $I_0 = 10 \text{ мА}$, если в полевом транзисторе этот ток соответствует нулевому напряжению затвор-исток при напряжении отсечки - 4 В, а биполярный транзистор имеет сопротивление базы 100 Ом и $\beta = 100$.
4. Изобразите и сравните между собой проходные и выходные характеристики полевых транзисторов с управляющим переходом и n каналом и с наведенным n каналом. Сравните также малосигнальные высокочастотные эквивалентные схемы этих транзисторов.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Определите в какой области работает кремниевый биполярный транзистор, если выполняется следующее условие $U_{бэ}=0,7$ В $U_{бк}=-3$ В

Ответы:

Активная область Область отсечки Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

2. Какой зависимостью описывается проходная характеристика биполярного транзистора

Ответы:

линейная параболическая экспоненциальная

Верный ответ: экспоненциальная

3. Какой зависимостью описывается проходная характеристика полевого транзистора

Ответы:

линейная параболическая экспоненциальная

Верный ответ: параболическая

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ОПК-2} Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

Вопросы, задания

1. Изобразите и сравните эквивалентные схемы полупроводниковых p - n диодов, используемые для расчетов статических режимов диодов и динамических процессов в них. Постройте статическую характеристику диода, имеющего при $T = 300$ К ток насыщения $10-13$ А и сопротивление материала базы 12 Ом при изменении прямого тока до 30 мА.

2. Изобразите проходные характеристики МОП полевого транзистора с индуцированным p-каналом. Как изменятся эти характеристики при увеличении температуры и почему? Изобразите выходные характеристики такого транзистора. Как изменятся выходные характеристики, если напряжение затвор-исток меньше напряжения в термостабильной точке?

3. Граничные и предельные частоты биполярного транзистора. Соотношения между ними. Зависимости этих частот от параметров малосигнальной эквивалентной схемы транзистора и от рабочего тока.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каково напряжение открывание кремниевого полупроводникового диода

Ответы:

0 В 0,2 В 0,6 В

Верный ответ: 0,6 В

2. Выберите правильное обозначение n-p-n биполярного транзистора, введя номер рисунка 1 или 2

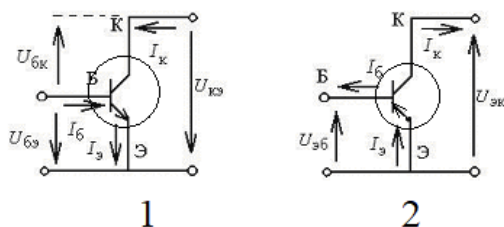


Figure 1 Обозначения биполярного транзистора

Ответы:

1 2

Верный ответ: 1

3. Для какой области работы справедлива линейная малосигнальная эквивалентная схема Джиаколетто, показанная на рис.

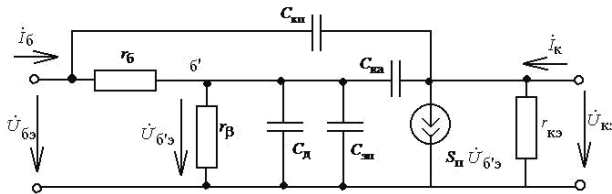


Figure 2 Малосигнальная эквивалентная схема биполярного транзистора

Ответы:

Активная область Область насыщения Инверсная область

Верный ответ: Активная область

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения задания: Оценка «ОТЛИЧНО» 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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения задания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения задания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» 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 задания: Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.