

**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: Радиотехника**

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

#### 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  $\Delta T$

**Задача 1.**

Определить тип примеси. Рассчитать концентрации основных и неосновных подвижных носителей заряда. Как они изменятся при повышении температуры на  $\Delta T$ ? 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  $\mu_n = 3900$  см<sup>2</sup>/В с, подвижность дырок  $\mu_p = 1900$  см<sup>2</sup>/В с. Как изменятся эти проводимости с повышением температуры на  $\Delta T$  К? Если изменятся, то рассчитайте во сколько раз.

Группа/номер в журнале	Тип материала	Концентрация собственных носителей заряда, см <sup>-3</sup>	Тип проводимости п/п	Концентрация примеси, см <sup>-3</sup>	$T_0$	$\Delta T$
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 $n$ -типа; б) с изолированным затвором и индуцированным каналом $p$ -типа; в) с управляющим $p$ - $n$ переходом и каналом $p$ -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 $U_{Б'Э} = 0,65 В$ , $U_{Б'К} = -20 В$ . 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 $\beta\beta$ . 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 Джиаклетто). 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<sub>ОПК-1</sub> 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<sub>ОПК-2</sub> Выбирает способы и средства измерений и проводит экспериментальные исследования

## Вопросы, задания

1. Изобразите и сравните эквивалентные схемы полупроводниковых р - п 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 п-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 п-р-п биполярного транзистора, введя номер рисунка 1 или 2

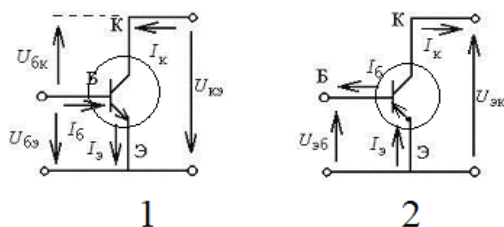


Figure 1 Обозначения биполярного транзистора

Ответы:

1 2

Верный ответ: 1



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

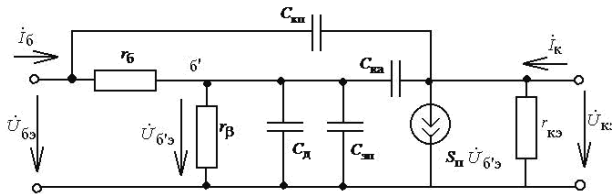


Figure 2 Малосигнальная эквивалентная схема биполярного транзистора

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 не принципиальные 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.