

**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: Нанотехнология в электронике**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физика полупроводниковых приборов и интегральных схем**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Носова Ю.М.
	Идентификатор	R16b145c9-OzhoginaYM-ed80e72f

(подпись)

Ю.М. Носова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)

Д.С.  
Холодный

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)

А.З.  
Славинский

(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:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов  
ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов  
ИД-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур
2. ПК-9 способен осуществлять контроль соблюдения режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники  
ИД-2 Контроль предложений по изменению технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники и предупреждению и ликвидации брака  
ИД-3 Подготовка предложений по предупреждению и исправлению брака при изготовлении изделий микроэлектроники  
ИД-4 Статистический анализ пригодности и воспроизводимости технологических процессов производства изделий микроэлектроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике. (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-1 семестр 7 Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
2. КМ-2 семестр 7 Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
3. КМ-4 семестр 7 Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора (Лабораторная работа)
4. КМ-5 семестр 7 Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела (Тестирование)
2. КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
3. КМ-3 семестр 7 Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
4. КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
5. КМ-6 семестр 7 Контрольная работа №4 (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	11	14
1. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов					
1. Основы физики полупроводников и полупроводниковых приборов		+			
2. Контактные явления					
2. Контактные явления			+		
3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов					
3. Основы технологии производства полупроводниковых приборов				+	+
4. Полупроводниковые приборы, содержащие один р – n переход					
4. полупроводниковые приборы, содержащие один р – n переход				+	+
	Вес КМ:	25	25	25	25

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
	Срок КМ:	4	6	8	10	12	15
5. Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода							
5. Полупроводниковые приборы, содержащие два и более р – n перехода		+	+	+	+		
6. МОП структуры							
6. МОП структуры						+	+
7. Интегральные микросхемы							
7. Интегральные микросхемы						+	+
	Вес КМ:	15	15	20	15	20	15

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## БРС курсовой работы/проекта

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
раздел 1. Рассчитать основные электрические параметры исходной пластины полупроводника		+			

раздел 2. Рассчитать технологические параметры диффузии		+		
раздел 3. Рассчитать и построить энергетические диаграммы структуры при $U=0$ , $U>0$ и $U<0$			+	
раздел 4. Рассчитать и построить вольт-амперную характеристику (ВАХ) структуры при нескольких температурах				+
Вес КМ:	25	25	25	25

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	Знать: 1. принципы работы и области применения полупроводниковых приборов, содержащих один р - n переход Уметь: 1. определять технологические режимы изготовления биполярных транзисторов и МОП структур с заданными параметрами.	КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела (Тестирование) КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1 (Контрольная работа) КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур	Знать: 2. физические и математические модели выпрямляющих свойств полупроводниковых приборов Уметь: 2. рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых материалов и приборов.	КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела (Тестирование) КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1 (Контрольная работа) КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

ПК-9	ИД-2 <sub>ПК-9</sub> Контроль предложений по изменению технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники и предупреждению и ликвидации брака	Знать: 4. принципы работы и области применения полевых транзисторов Уметь: 4. определять статические параметры МОП структур, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике. (Расчетно-графическая работа) Км-1 семестр 7 Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры (Лабораторная работа) КМ-2 семестр 7 Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры (Лабораторная работа)
ПК-9	ИД-3 <sub>ПК-9</sub> Подготовка предложений и предупреждению брака при изготовлении изделий микроэлектроники	Знать: 5. принципы работы и области применения биполярных транзисторов Уметь: 5. определять технологические режимы изготовления полупроводниковых диодов с заданными параметрами.	КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике. (Расчетно-графическая работа) КМ-3 семестр 7 Контрольная работа №3 (Контрольная работа) КМ-4 семестр 7 Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора (Лабораторная работа)
ПК-9	ИД-4 <sub>ПК-9</sub> Статистический анализ пригодности и воспроизводимости технологических процессов производства изделий микроэлектроники	Знать: 6. принципы работы и области применения тиристоров Уметь: 6. определять статические параметры контактов металл-полупроводник и р-п перехода, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике. (Расчетно-графическая работа) КМ-5 семестр 7 Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии (Лабораторная работа) Км-6 семестр 7 Контрольная работа №4 (Контрольная работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

6 семестр

### КМ-1. КМ-1 семестр 6 Тест по зонной теории твердого тела

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование может проводиться в письменной форме или с использованием Cisco Webex и ЭИОС Прометей. Время, отведенное на проведение теста, рассчитывается из условия отведения не более 2 минут на каждый вопрос

#### Краткое содержание задания:

Вопросы теста представлены нескольких типов: выбор одного правильного ответа из многих, выбор нескольких правильных ответов из многих, выбор верно/не верно.

Удельный вес ответа на все вопросы одинаков

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: 1. принципы работы и области применения полупроводниковых приборов, содержащих один p - n переход	1. Статистика невырожденного электронного газа в полупроводниках 2. Основные соотношения полупроводниковой электроники, используемые при проектировании приборов
Знать: 2. физические и математические модели выпрямляющих свойств полупроводниковых приборов	1. Электропроводность полупроводников 2. Собственные и примесные полупроводники

#### 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

### КМ-2. КМ-2 семестр 6 Расчетное задание по определению концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

## Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Задание выдается индивидуально каждому студенту. Срок выполнения работы составляет 3 учебные недели

### Краткое содержание задания:

Исходными данными расчетного задания являются материал полупроводника, тип и концентрация легирующей примеси. В ходе работы необходимо определить эффективные массы электронов и дырок, температурные зависимости плотностей энергетических состояний в валентной зоне и зоне проводимости, температурную зависимость ширины запрещенной зоны, температурную зависимость функции Ферми – Дирака, температурные зависимости концентраций собственных и основных носителей заряда, температурную зависимость положения уровня Ферми, температурную зависимость подвижности носителей заряда и температурную зависимость проводимости данного полупроводника. Расчетное задание оценивается по совокупности выполнения его пунктов и качества оформления. Под качеством оформления понимается пояснение используемых формул с перечнем входящих в них величин, указанием всех единиц измерений, пояснением хода выполнения работы и выбора того или иного метода расчета, выбор области и масштаба построения графиков, отображающих полную картину изображенной характеристики. Расчетное задание является частью первой главы курсовой работы

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: 4. принципы работы и области применения полевых транзисторов	1. Математическая модель резкого и плавного $p - n$ перехода 2. Сравнительный анализ обратного тока кремниевого и германиевого диодов
Знать: 5. принципы работы и области применения биполярных транзисторов	1. Физическая сущность диффузионной емкости $p - n$ перехода. Влияние коэффициента инжекции на ее величину 2. Физическая сущность барьерной емкости $p - n$ перехода. Влияние метода изготовления $p - n$ перехода на ее расчет
Знать: 6. принципы работы и области применения тиристоров	1. Зависимость напряжения электрического пробоя $p - n$ перехода от концентрации примеси в базе диода. Влияние концентрации примеси в базе диода на механизм электрического пробоя

### 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

### КМ-3. КМ-3 семестр 6 Контрольная работа №1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа проводится в письменной форме. Время, отведенное на работу, составляет 1,5 часа

#### Краткое содержание задания:

Билет контрольной работы состоит из двух теоретических вопросов и одного практического задания. Оценка выставляется по совокупности ответов на все пункты билета. Удельный вес каждого теоретического вопроса составляет 25%, практического задания – 50%

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: 1. определять технологические режимы изготовления биполярных транзисторов и МОП структур с заданными параметрами.</p>	<p>1..Определить энергию, необходимую для того, чтобы средний нормальный пробег ионов фосфора в кремнии составил . 2. Проведите сравнительный анализ диффузии различной донорной примеси в кремнии. Определите, как влияют параметры диффузии на глубину залегания p – n перехода. 3. Имеется обращенный диод, p-область которого представляет вырожденный полупроводник, а уровень Ферми n-области находится в запрещенной зоне вблизи дна зоны проводимости. Изобразите энергетические диаграммы такого диода при прямом и обратном смещениях. В каком из двух случаев проявляется туннельный эффект? Постройте ВАХ обращенного диода</p>
<p>Уметь: 2. рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых материалов и приборов.</p>	<p>1.Рассчитать линии ликвидуса и солидуса диаграммы состояний кремний – германий, обладающей неограниченной растворимостью в твердом и жидком состояниях. температура плавления кремния и германия равны и соответственно. 2. Диоды, смещенные в обратном направлении, часто используют в качестве переменных конденсаторов. Вычислите, как уменьшается барьерная емкость диода с резким переходом при увеличении модуля напряжения смещения на , если известно, что при напряжении смещения барьерная емкость диода равна</p>

#### 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

#### КМ-4. КМ-4 семестр 6 Контрольная работа №2

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

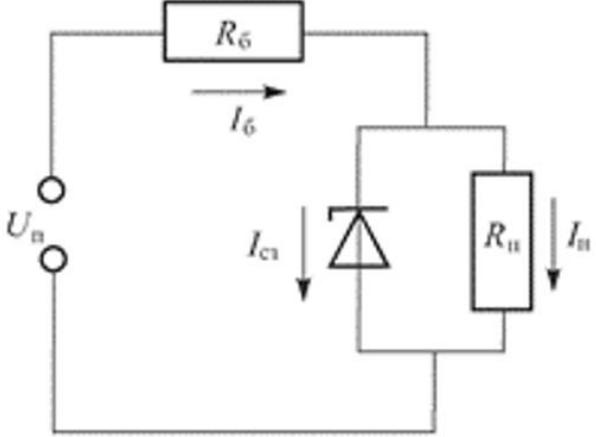
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа проводится в письменной форме. Время, отведенное на работу, составляет 1,5 часа

#### Краткое содержание задания:

Билет контрольной работы состоит из двух теоретических вопросов и одного практического задания. Оценка выставляется по совокупности ответов на все пункты билета. Удельный вес каждого теоретического вопроса составляет 25%, практического задания – 50%

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: 1. определять технологические режимы изготовления биполярных транзисторов и МОП структур с заданными параметрами.</p>	<p>1. Рассчитать линии ликвидуса и солидуса диаграммы состояний кремний – германий, обладающей неограниченной растворимостью в твердом и жидком состояниях</p> <p>2. Определить энергию, необходимую для того, чтобы средний нормальный пробег ионов фосфора в кремнии составил</p> <p>3. Определить точность стабилизации напряжения в схеме, изображенной на рисунке</p> 
<p>Уметь: 2. рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых материалов и приборов.</p>	<p>1. Проведите сравнительный анализ диффузии различной донорной примеси в кремнии. Определите, как влияют параметры диффузии на глубину залегания p – n перехода</p> <p>2. Определить предельную частоту и добротность, а также диапазон перекрытия по емкости варикапа, максимальное напряжение которого 80 В, номинальная емкость 28 пФ при напряжении 4В, коэффициент перекрытия 4, а индуктивность вывода и контактов равна 1 мкГ.</p>

**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

**7 семестр****КМ-5. Км-1 семестр 7 Лабораторная работа №1. Исследование статических параметров кремниевых и германиевых диодов в зависимости от температуры**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

**Краткое содержание задания:**

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений), таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: 4. определять статические параметры МОП структур, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Оценивать влияние внешних факторов на параметры полупроводниковых приборов</li> <li>2.Оценивать влияние температуры на параметры полупроводниковых приборов</li> <li>3.Оценивать влияние частоты внешнего сигнала на параметры полупроводниковых приборов</li> <li>4.определять ТКН стабилитрона по температурной</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***КМ-6. КМ-2 семестр 7 Лабораторная работа №2. Исследование статических параметров кремниевых стабилитронов в зависимости от температуры****Формы реализации:** Защита задания**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

**Краткое содержание задания:**

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений), таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: 4. определять статические параметры МОП структур, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	1. Определять статические параметры биполярных транзисторов, способы включения и режимы их работы в электрической цепи 2. Определять статические параметры МОП структур, способы включения и режимы их работы в электрической цепи 3. определять эффективности эмиттера, коэффициента
---	---

	переноса, коэффициента усиления тока биполярного транзистора 4.Влияние высокого уровня инжекции на работу биполярного транзистора. Эффект отгеснения эмиттерного тока
--	--

**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

**КМ-7. КМ-3 семестр 7 Контрольная работа №3**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа проводится в письменной форме. Время, отведенное на работу, составляет 1,5 часа

**Краткое содержание задания:**

Билет контрольной работы состоит из двух теоретических вопросов и одного практического задания. Оценка выставляется по совокупности ответов на все пункты билета. Удельный вес каждого теоретического вопроса составляет 25%, практического задания – 50%

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: 5. определять технологические режимы изготовления полупроводниковых диодов с заданными параметрами.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Определять технологические режимы изготовления биполярных транзисторов с заданными параметрами</li> <li>2.Определять статические параметры биполярных транзисторов, способы включения и режимы их работы в электрической цепи</li> <li>3.Определять статические параметры МОП структур, способы включения и режимы их работы в электрической цепи</li> <li>4.Вычислить толщину и сопротивление канала в тех случаях, когда заземленным электродом оказывается сток, исток или затвор</li> <li>5.Определить предельное напряжение на эмиттере, при котором прибор перестает быть управляемым и наступает явление пробоя. Учитывая, что частота отсечки зависит от времени пролета неосновных носителей заряда через область базы, вычислите</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*

**КМ-8. КМ-4 семестр 7 Лабораторная работа №3. Исследование статических характеристик кремниевого биполярного транзистора**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

**Краткое содержание задания:**

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений), таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: 5. определять технологические режимы изготовления полупроводниковых диодов с заданными параметрами.</p>	<p>1.Изображать профиль распределения примесей в биполярных транзисторах, изготовленных по сплавной технологии и методом диффузии 2.Определять предельное напряжение в транзисторе на эмиттере, при котором прибор перестает быть управляемым и наступает явление пробоя. Учитывая, что частота отсечки зависит от времени пролета</p>
---	--

	<p>неосновных носителей заряда через область базы, вычислите частоту отсечки транзистора в схемах ОБ и ОЭ</p> <p>3. Вычислять ток стока при напряжении на затворе полевого транзистора</p> <p>4. Вычислить поверхностную плотность заряда, находящегося в обедненной области, если известно, что напряжение</p> <p>5. Найти напряжение отсечки считая, что подвижность электронов известна</p>
--	--

#### **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*

#### **КМ-9. КМ-5 семестр 7 Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик полупроводникового тиристора, не проводящего в обратном состоянии**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

#### **Краткое содержание задания:**

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений), таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: 6. определять статические параметры контактов металл-полупроводник и р-п перехода, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.	1. Определять статические параметры полупроводниковых тиристоров, способы включения и режимы их работы в электрической цепи 2. Изображать структуру диодистора, укажите полярность включения источника питания и объясните процессы, происходящие в тиристоре на различных участках ВАХ 3. По прямой ветви ВАХ тиристора определять его пороговое напряжение, удерживающие ток и напряжение 4. По входным характеристикам определить интегральное и дифференциальное входное сопротивление транзистора, включенного по схеме с ОЭ 5. Определять остаточное напряжение на открытом транзисторе и строить его зависимость от тока базы для фиксированных значений тока коллектора
--	---

**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

**КМ-10. Км-6 семестр 7 Контрольная работа №4****Формы реализации:** Письменная работа**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа проводится в письменной форме. Время, отведенное на работу, составляет 1,5 часа**Краткое содержание задания:**

Билет контрольной работы состоит из двух теоретических вопросов и одного практического задания. Оценка выставляется по совокупности ответов на все пункты билета. Удельный вес каждого теоретического вопроса составляет 25%, практического задания – 50%

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: 6. определять статические параметры контактов металл-	1. Определять электрические параметры ИМС 2. Оценивать влияние повышенной и пониженной температуры, резкого ее перепада, повышенной
--	--

<p>полупроводник и р-п перехода, способы включения и режимы их работы в электрической цепи.</p>	<p>влажности и пониженного давления на работу полупроводникового транзистора  3.объяснять основные формулы для описания электротермической модели биполярного транзистора  4.Определять стадии установления теплового баланса в системе диод – внешняя среда</p>
---	--

**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*

**Для курсового проекта/работы**

**7 семестр**

***I. Описание КП/КР***

Пример задания. 1. Рассчитать основные электрические параметры исходной пластины полупроводника 2.Рассчитать технологические параметры диффузии 3.Рассчитать и построить распределение примесей 4.Рассчитать ширину области пространственного заряда (ОПЗ) 5.Рассчитать и построить распределение электрического поля, изменение потенциала с расстоянием, распределение пространственного заряда 6.Рассчитать и построить зависимость ширины ОПЗ от приложенного напряжения 7.Рассчитать положение уровня Ферми 8.Рассчитать и построить энергетические диаграммы структуры при  $U=0$ ,  $U>0$  и  $U<0$  9.Рассчитать и построить вольт-амперную характеристику (ВАХ) структуры при нескольких температурах 10.Рассчитать и построить барьерную емкость как функцию от приложенного напряжения 11.Рассчитать и построить диффузионную емкость как функцию от протекающего тока

***II. Примеры задания и темы работы***

Пример задания

Рассчитать характеристики кремниевого диода

**Тематика КП/КР:**

Расчет параметров полупроводникового выпрямляющего диода Расчет параметров полупроводникового биполярного транзистора Расчет параметров полупроводникового тиристора Расчет параметров полупроводникового солнечного элемента

### **КМ-1. Км-1. основные электрические параметры исходной пластины полупроводника**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

### **КМ-2. КМ-2. технологические параметры диффузии**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: 70*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: 60*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: 50*

### **КМ-3. КМ-3. распределение электрического поля, изменение потенциала с расстоянием, распределение пространственного заряда**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

### **КМ-4. Км-4. построить вольт-амперную характеристику (ВАХ) структуры при нескольких температурах**

#### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

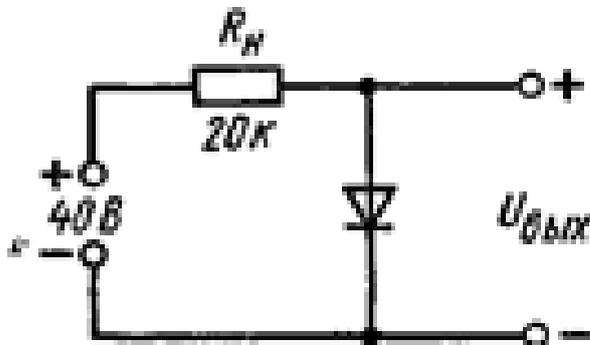
6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

## Пример билета

пример билета

1. Математическая модель резкого и плавного p – n перехода
2. Обратный ток насыщения диода с барьером Шоттки равен . Диод соединен последовательно с резистором и источником постоянного напряжения так, что на диод подается прямое напряжение. Определить сопротивление резистора, если падение напряжения на нем равно . Диод работает при комнатной температуре.
3. Определить выходное напряжение в схеме, изображенной на рисунке, если используемый кремниевый диод при комнатной температуре имеет обратный ток насыщения .



## Процедура проведения

ответы по билетам

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1пк-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов

### Вопросы, задания

1. билет 1.

Имеется обращенный диод, p-область которого представляет вырожденный полупроводник, а уровень Ферми n-области находится в запрещенной зоне вблизи дна зоны проводимости. Изобразите энергетические диаграммы такого прибора при отсутствии смещения, при прямом и обратном смещениях. Можно ли на основании этих диаграмм судить о физических процессах в обращенном диоде? При каком смещении проявляется туннельный эффект? Постройте ВАХ такого обращенного диода.

В полупроводниковом идеальном диоде , , . Определить соотношение между дырочной и электронной компонентами тока через p – n переход.

Кремниевый p – n переход, находящийся при комнатной температуре, имеет концентрацию примесей и . Вычислить высоту потенциального барьера. Определить максимальное значение внешнего напряжения, при котором еще сохраняется низкий уровень инжекции.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Барьерная емкость варикапа образована

Ответы:

- a) неосновными носителями заряда в квазинейтральных областях.
- b) зарядами ионизированной примеси в ОПЗ.
- c) подвижными носителями заряда, проходящими через ОПЗ.
- d) подвижными носителями заряда в ОПЗ.

Верный ответ: Верный ответ: b

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования полупроводниковых приборов и структур

### Вопросы, задания

1. билет 2

Концентрация доноров в n-области диода с идеальным p – n переходом равна концентрации акцепторов в p-области. Как изменится плотность тока через такой переход, если концентрацию доноров увеличить в 5 раз? Принять, что отношения  $n$  и  $p$  не изменились при изменении уровня легирования.

Выпрямление на p – n переходе, формула Шокли, прямой и обратный ток реального перехода

Туннельные и обращенные диоды

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Стабилитрон – полупроводниковый прибор с одним p-n переходом, работающий в режиме

Ответы:

- a) теплового пробоя.
- b) туннельного пробоя.
- c) лавинного пробоя.

Верный ответ: Верный ответ: b, c

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-9 Контроль предложений по изменению технологических процессов изготовления изделий микроэлектроники и предупреждению и ликвидации брака

### Вопросы, задания

1. билет 4

Эффекты Зеебека и Пельтье на невыпрямляющем контакте металл – полупроводник, полупроводниковые холодильники

.Гетеропереходы

Выпрямление на контакте металл – полупроводник, эффект Шотки

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Математическая модель p-n перехода описывается:

Ответы:

- a) соотношением Эйнштейна.
- b) уравнением Пуассона.
- c) распределением Ферми.
- d) статистикой Максвелла-Больцмана.

Верный ответ: Верный ответ: b

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-9 Подготовка предложений по предупреждению и исправлению брака при изготовлении изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1. билет 5

Контакт металла с полупроводником, выпрямляющий и невыпрямляющий контакты, контакт с инверсионным слоем

Полупроводники в магнитном поле, преобразователи Холла

Внутренний эффект в полупроводниках. Фоторезисторы

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Ток в контакте металл-полупроводник переносится основными носителями заряда

Ответы:

a) верно

b) не верно

Верный ответ: Верный ответ: a

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-9 Статистический анализ пригодности и воспроизводимости технологических процессов производства изделий микроэлектроники

**Вопросы, задания**

1. билет 6

Диоды СВЧ диапазона

Основные уравнения полупроводниковой электроники. Уравнение токов, Пуассона, уравнение непрерывности

Электрические виды пробоя p – n перехода

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Если при контакте двух твердых тел (ТТ) электроны переходят из первого ТТ во второе ТТ, то:

Ответы:

a) энергетические уровни первого ТТ повышаются.

b) энергетические уровни второго ТТ повышаются.

c) энергетические уровни первого ТТ понижаются.

d) энергетические уровни второго ТТ понижаются.

Верный ответ: 1 Верный ответ: b, c

**II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

стандартные

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

#### **Пример билета**

1. Вычислить удельное сопротивление собственного кремния, если подвижности электронов и дырок равны и соответственно.
2. Определить постоянную Холла при комнатной температуре в антимониде индия, содержащем акцепторы с концентрацией  $10^{18}$  см<sup>-3</sup>, если отношение холловских подвижностей к дрейфовым равно 0,5.
3. Получение структур методом сплавления

#### **Процедура проведения**

письменно с устным ответом по билету

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

#### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

**Для курсового проекта/работы:**

**7 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

защита с презентацией ( не более 20 слайдов) в форме доклада на 10 минут

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

стандартные