МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Твердотельная электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	6	0	6	часов
2	Практические занятия	2	2	4	часов
3	Лабораторные работы	0	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	8	10	18	часов
5	Самостоятельная работа	100	53	153	часов
6	Всего (без экзамена)	108	63	171	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	0	9	9	часов
8	Общая трудоемкость	108	72	180	часов
				5.0	З.Е.

Контрольные работы: 5 семестр - 2
Экзамен: 5 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск

Согласована на портале № 48520

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 8 от « 4 » 9 2019 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ПрЭ	_____	Н. С. Легостаев
Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ	_____	С. Г. Михальченко

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ЗиВФ	_____	И. В. Осипов
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	_____	С. Г. Михальченко

Эксперты:

Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)	_____	Н. С. Легостаев
Профессор кафедры промышленной электроники (ПрЭ)	_____	В. Д. Семенов

Согласована на портале № 48520

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения является приобретение знаний по физическим основам действия полупроводниковых приборов, их электрическим характеристикам для статического и динамического режимов работы, реакции приборов на внешние воздействия, представлению приборов в виде электрических моделей, методам экспериментального определения параметров моделей.

1.2. Задачи дисциплины

– Задачей изучения дисциплины является приобретение навыков и умений в вопросах правильного выбора вида полупроводниковых приборов для построения электронных схем, исходя из функциональных задач, решаемых этими схемами, и обеспечение грамотной эксплуатации приборов, позволяющих максимально эффективно использовать заложенные в них возможности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Твердотельная электроника» (Б1.Б.13) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Твердотельная электроника, Математика, Материалы электронной техники, Физика, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Твердотельная электроника, Аналоговая электроника, Вакуумная и плазменная электроника, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Методы анализа и расчета электронных схем, Микросхемотехника, Микроэлектроника, Наноэлектроника, Основы преобразовательной техники, Преддипломная практика, Схемотехника, Цифровая и микропроцессорная техника, Электронные промышленные устройства, Энергетическая электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-1 способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** устройство, принцип действия, характеристики и параметры основных классов полупроводниковых приборов; эквивалентные схемы полупроводниковых приборов, методы определения и расчета параметров эквивалентных схем; функциональные электрические модели приборов и методы определения параметров моделей; методы анализа переходных процессов.

– **уметь** производить расчет параметров основных классов полупроводниковых приборов; правильно выбирать элементы электронной схемы для решения поставленной задачи с максимальным использованием возможностей приборов; анализировать переходные процессы в твердотельных приборах с использованием метода заряда; экспериментально определять параметры твердотельных приборов.

– **владеть** навыками практической работы с полупроводниковыми приборами в составе электронной схемы; методами экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		4 семестр	5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	18	8	10

Согласована на портале № 48520

Лекции	6	6	0
Практические занятия	4	2	2
Лабораторные работы	8	0	8
Самостоятельная работа (всего)	153	100	53
Оформление отчетов по лабораторным работам	11	0	11
Проработка лекционного материала	80	80	0
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	4	0
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	32	16	16
Выполнение контрольных работ	26	0	26
Всего (без экзамена)	171	108	63
Подготовка и сдача экзамена	9	0	9
Общая трудоемкость, ч	180	108	72
Зачетные Единицы	5.0		

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Физические основы твердотельной электроники	1	0	0	20	21	ОПК-2, ПК-1
2 Контактные явления	1	2	0	34	37	ОПК-2, ПК-1
3 Полупроводниковые диоды	1	0	0	8	9	ОПК-2, ПК-1
4 Биполярные транзисторы	1	0	0	12	13	ОПК-2, ПК-1
5 Полевые транзисторы	1	0	0	18	19	ОПК-2, ПК-1
6 Тиристоры	1	0	0	8	9	ОПК-2, ПК-1
Итого за семестр	6	2	0	100	108	
5 семестр						
7 Контрольные работы	0	2	0	42	44	ОПК-2, ПК-1
8 Лабораторные работы	0	0	8	11	19	ОПК-2, ПК-1
Итого за семестр	0	2	8	53	63	
Итого	6	4	8	153	171	

Согласована на портале № 48520

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Физические основы твердотельной электроники	Строение и энергетические свойства кристаллов твердых тел. Процессы переноса заряда в полупроводниках: дрейф носителей заряда, диффузия носителей заряда, уравнение непрерывности. Эффект поля.	1	ОПК-2, ПК-1
	Итого	1	
2 Контактные явления	Электрические переходы. Электронно-дырочные переходы. Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии. Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии. Вольт-амперная характеристика электронно-дырочного перехода. Пробой электронно-дырочного перехода. Динамические параметры электронно-дырочного перехода. Контакты металл-полупроводник. Выпрямляющие контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Гетеропереходы.	1	ОПК-2, ПК-1
	Итого	1	
3 Полупроводниковые диоды	Выпрямительные диоды, импульсные диоды, диоды Шоттки, стабилитроны, стабисторы, варикапы, туннельные диоды – параметры и характеристики.	1	ОПК-2, ПК-1
	Итого	1	
4 Биполярные транзисторы	Структура и основные режимы работы. Собственные статические параметры. Статические характеристики. Динамические параметры. Эквивалентные схемы. Усилительные свойства. Работа в импульсном режиме.	1	ОПК-2, ПК-1
	Итого	1	
5 Полевые транзисторы	Полевые транзисторы с управляющим переходом: статические характеристики, параметры, эквивалентные схемы, инерционные свойства. МДП-транзисторы с изолированным затвором. МДП-транзисторы с индуцированным каналом: принцип действия, статические характеристики. МДП-транзисторы со встроенным каналом: принцип действия, статические характеристики. Статические параметры МДП-транзисторов. Эквивалентные схе-	1	ОПК-2, ПК-1

Согласована на портале № 48520

	мы МДП-транзисторов. Инерционные свойства МДП-транзисторов. Усилительные свойства полевых транзисторов. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.		
	Итого	1	
6 Тиристоры	Диодные тиристоры, триодные тиристоры, симметричные тиристоры, способы включения тиристоров. основные параметры.	1	ОПК-2, ПК-1
	Итого	1	
Итого за семестр		6	
Итого		6	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Твердотельная электроника	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Математика	+							
3 Материалы электронной техники	+							
4 Физика	+							
5 Химия	+							
Последующие дисциплины								
1 Твердотельная электроника	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Аналоговая электроника	+	+	+	+	+	+		
3 Вакуумная и плазменная электроника	+	+						
4 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+		+	+		
5 Методы анализа и расчета электронных схем				+	+			
6 Микросхемотехника			+	+	+			
7 Микроэлектроника			+	+	+			
8 Наноэлектроника	+							
9 Основы преобразовательной техники			+	+	+	+		

Согласована на портале № 48520

10 Преддипломная практика			+	+	+	+		
11 Схемотехника			+	+	+	+		
12 Цифровая и микропроцессорная техника			+	+	+			
13 Электронные промышленные устройства			+	+	+	+		
14 Энергетическая электроника			+	+	+	+		

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Проверка контрольных работ, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Проверка контрольных работ, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
8 Лабораторные работы	Исследование статических характеристик биполярного транзистора	4	ОПК-2, ПК-1
	Исследование полевого транзистора с управляющим pn-переходом	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 48520

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
2 Контактные явления	Определение статических и динамических параметров переходов.	2	ОПК-2, ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
5 семестр			
7 Контрольные работы	Параметры полевых транзисторов с изолированным затвором и индуцированным каналом n-типа.	2	ОПК-2, ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
Итого		4	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				
1 Физические основы твердотельной электроники	Проработка лекционного материала	20	ОПК-2, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Тест
	Итого	20		
2 Контактные явления	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	16	ОПК-2, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	14		
	Итого	34		
3 Полупроводниковые диоды	Проработка лекционного материала	8	ОПК-2, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Тест
	Итого	8		
4 Биполярные транзисторы	Проработка лекционного материала	12	ОПК-2, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Тест
	Итого	12		
5 Полевые транзисторы	Проработка лекционного материала	18	ОПК-2, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Тест
	Итого	18		

Согласована на портале № 48520

6 Тиристоры	Проработка лекционного материала	8	ОПК-2, ПК-1	Опрос на занятиях, Собеседование, Тест
	Итого	8		
Итого за семестр		100		
5 семестр				
7 Контрольные работы	Выполнение контрольных работ	26	ОПК-2, ПК-1	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Проверка
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	16		
	Итого	42		
8 Лабораторные работы	Оформление отчетов по лабораторным работам	11	ОПК-2, ПК-1	Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Итого	11		
Итого за семестр		53		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		162		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Шангин А.С. Твердотельные приборы и устройства [Электронный ресурс]: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Шангин А.С. - Томск: ТУСУР, 2012. - 156 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2438 (дата обращения: 25.11.2019).

2. Давыдов, В.Н. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие для студентов направления 2100100 "Электроника и наноэлектроника", профиль "Электронные приборы и устройства" [Электронный ресурс] / Давыдов В.Н. - Томск: ТУСУР, 2013. - 175 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3715 (дата обращения: 25.11.2019).

12.2. Дополнительная литература

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. - СПб.: Лань, 2006. - 480 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 98 экз.)

2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2005. - 408 с.: Библиотека ТУСУР, (наличие в библиотеке ТУСУР - 88 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Троян П.Е. Твердотельная электроника. Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе. - Томск: ТУСУР, 2007. - 76 с. (для практических занятий и самостоятельной работы) (наличие в библиотеке ТУСУР - 47 экз.)

2. Жигальский А.А. Твердотельная электроника: Методические указания по выполнению лабораторных работ. - Томск: ТУСУР, 2007. - 59 с. (для выполнения лабораторных работ) (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.)

Согласована на портале № 48520

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования [Электронный ресурс] - Режим доступа: www.elibrary.ru, дата обращения: 06.07.2018.
2. Информационные, справочные и нормативные базы данных [Электронный ресурс] - Режим доступа https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh, дата обращения 06.07.2018.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Вычислительная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 201б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Персональные компьютеры (16 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT (1 шт.);
- Мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Visio 2013
- PTC Mathcad13, 14

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория микропроцессорных устройств и систем / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

Согласована на портале № 48520

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 333 ауд.
Описание имеющегося оборудования:
- Лабораторные макеты (10 шт.);
- Микропроцессорный модуль «SDK-1.1» (8 шт.);
- Осциллографы (12 шт.);
- Генератор сигналов Г3-54 (2 шт.);
- Персональный компьютер (12 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.
Программное обеспечение:
– ASIMEC
– LTspice 4
– Microsoft Visio 2010
– PTC Mathcad13, 14

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

Согласована на портале № 48520

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Направленное движение носителей заряда из-за неравномерного распределения концентрации носителей заряда в объеме полупроводника в отсутствие градиента температуры называют:

а) дрейфом; б) диффузией; в) подвижностью носителей заряда; в) свободным пробегом.

2. Длина свободного пробега носителей заряда - это:

а) расстояние, на котором при одномерной диффузии в полупроводнике без электрического поля в нем избыточная концентрация носителей заряда уменьшается вследствие рекомбинации в 2,72 раза;

б) расстояние, на которое носители заряда диффундируют за время жизни;

в) среднее расстояние, проходимое носителями заряда между двумя последовательными актами рассеяния;

г) величина, связанная с временем жизни неравновесных носителей заряда соотношением L=Dt .

3. Электронно-дырочный переход смещен в обратном направлении, если к нему приложено внешнее напряжение:

а) создающее напряженность электрического поля, которая противоположна по направлению напряженности диффузионного электрического поля;

б) “плюсом” к р-области, а “минусом” к n-области;

в) “минусом” к р-области, а “плюсом” к n-области;

г) уменьшающее суммарную напряженность электрического поля в переходе.

4. Какой характер носит изменение напряженности диффузионного электрического поля в области пространственного заряда ступенчатого p-n-перехода:

а) линейный; б) кусочно-линейный; в) квадратичный; г) экспоненциальный.

5. Какой характер носит изменение потенциала диффузионного электрического поля в области пространственного заряда ступенчатого p-n-перехода:

а) линейный; б) кусочно-линейный; в) квадратичный; г) экспоненциальный.

6. Как изменяется высота потенциального барьера p-n-перехода с изменением температуры и концентрации примесей в прилегающих к переходу областях:

а) возрастает при увеличении концентрации примесей в соответствующих областях;

б) уменьшается при увеличении концентрации примесей в соответствующих областях;

в) уменьшается с увеличением температуры;

г) возрастает с увеличением температуры.

7. Базой полупроводникового прибора называют:

а) область, в которую происходит инжекция неосновных для этой области носителей заряда;

б) область, в которую происходит экстракция основных для этой области носителей заряда;

в) область, из которой происходит инжекция основных для этой области носителей заряда;

г) область, из которой происходит экстракция неосновных для этой области носителей заряда.

8. Эмиттером полупроводникового прибора называют:

а) область, в которую происходит инжекция неосновных для этой области носителей заряда;

б) область, в которую происходит экстракция основных для этой области носителей заряда;

в) область, из которой происходит инжекция основных для этой области носителей заряда;

г) область, из которой происходит экстракция неосновных для этой области носителей заряда.

9. Электронно-дырочный переход смещен в прямом направлении, если к нему приложено внешнее напряжение:

а) полярность которого совпадает с полярностью контактной разности потенциалов;

Согласована на портале № 48520

б) создающее напряженность электрического поля, которая противоположна по направлению напряженности диффузионного электрического поля;

в) “плюсом” к p-области, а “минусом” к n-области;

г) “минусом” к p-области, а “плюсом” к n-области.

10. Диффузионная емкость p-n-перехода:

а) определяется изменением неподвижных зарядов в обедненном слое p-n-перехода под действием приложенного напряжения;

б) определяется изменением заряда носителей, инжектированных в базу;

в) проявляется при прямом напряжении;

г) проявляется при обратном напряжении.

11. Контакт металл-полупроводник обладает выпрямительными свойствами:

а) в режиме обеднения; б) в режиме обогащения; в) в режиме слабой инверсии; г) в режиме сильной инверсии.

12. Диоды Шоттки по сравнению с кремниевыми полупроводниковыми диодами на основе p-n-перехода характеризуются:

а) более высоким быстродействием; б) большими прямыми падениями напряжения;

в) более высокими пробивными напряжениями; г) большими обратными токами.

13. Определите режим работы биполярного p-n-p-транзистора, если напряжение база-эмиттер Uбэ=-0,4 В, а напряжение коллектор эмиттер Uкэ=-5,0 В.

а) насыщения; б) отсечки; в) нормальный активный; г) инверсный активный.

14. Определите режим работы биполярного транзистора, если эмиттерный переход смещен в прямом направлении, а коллекторный - в обратном.

а) инверсный активный; б) нормальный активный; в) насыщения; г) отсечки.

15. Определите режим работы биполярного транзистора, если оба pn-перехода смещены в обратном направлении.

а) инверсный активный; б) нормальный активный; в) насыщения; г) отсечки.

16. Характер передаточных характеристик полевого транзистора с управляющим pn-переходом определяется уменьшением тока стока

а) при уменьшении обратного напряжения на управляющем переходе;

б) при увеличении обратного напряжения на управляющем переходе;

в) при уменьшении прямого напряжения на управляющем переходе;

г) при увеличении прямого напряжения на управляющем переходе;

17. МДП-транзистор с индуцированным каналом работает

а) только в режиме обеднения; б) только в режиме обогащения; г) и в режиме обеднения и в режиме обогащения; г) в меньшей степени в режиме обогащения и в большей степени в режиме обеднения.

18. . Начальный ток стока полевого транзистора с управляющим p-n-переходом 3 мА. Напряжение отсечки равно 3 В. Определите максимальную (начальную) крутизну транзистора.

а) 1 мА/В; а) 1,5 мА/В; а) 2 мА/В; а) 3 мА/В.

19. Определите крутизну МДП-транзистора с индуцированным каналом n-типа, если удельная крутизна равна 0,3 мА/В^2 , пороговое напряжение равно 2 В, а напряжение затвор-исток равно 4 В.

а) 0,3 мА/В; а) 0,6 мА/В; а) 0,9 мА/В; а) 1,2 мА/В.

20. . МДП-транзистор работает в ключевом режиме. Определите сопротивление транзистора во включенном состоянии, если удельная крутизна равна 0,5 мА/В^2, пороговое напряжение 1 В, а напряжение затвор-исток равно 5 В.

а) 50 Ом; б) 100 Ом; в) 500 Ом; г) 750 Ом.

14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Зонная диаграмма электронно-дырочного перехода.

2. Электронно-дырочный переход при смещении в прямом направлении.

3. Электронно-дырочный переход при смещении в обратном направлении.

4. Пробой электронно-дырочного перехода: туннельный, лавинный, тепловой.

5. Переходные процессы в pn-переходе при установлении прямого напряжения и при изменении напряжения с прямого на обратное.

Согласована на портале № 48520

6. Выпрямляющий контакт металл-полупроводник.

7. Структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура).

8. Основные параметры диодов: выпрямительного, импульсного.

9. Стабилитрон: вольт-амперная характеристика и схема включения.

10. Параметры биполярного транзистора при его работе в режимах отсечки, насыщения и нормальном активном режиме.

11. Статические характеристики биполярного транзистора включенного по схеме с общей базой (общим эмиттером).

12. Линейные модели биполярного транзистора: биполярный транзистор как четырехполюсник, физическая малосигнальная Т-образная высокочастотная эквивалентная схема биполярного транзистора.

13.Работа биполярного транзистора в импульсном режиме: режим переключения в схеме с общим эмиттером, временные диаграммы работы.

14. Статические характеристики полевых транзисторов с управляющим pn-переходом и каналом n-типа.

15. Малосигнальные параметры полевых транзисторов с управляющим переходом: крутизна передаточной характеристики, дифференциальное сопротивление канала, коэффициент усиления по напряжению, эквивалентные схемы.

16. Полевой транзистор с изолированным затвором и индуцированным каналом n-типа: структура, принцип действия, выходные и передаточные характеристики.

17. Статические параметры МДП-транзисторов.

18. Усилительные свойства полевого транзистора при включении по схеме с общим истоком и схеме с общим стоком.

19. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме: схема ключа с общим истоком на МДП-транзисторе.

20. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы: фототранзистор биполярный и полевой, оптоэлектронные пары.

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состояниях. Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода. Собственные статические параметры биполярного транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора. Линейные модели биполярного транзистора. Усилительные свойства биполярного транзистора. Работа биполярного транзистора в импульсном режиме. Пробой электронно-дырочного перехода. Динамические параметры электронно-дырочного перехода. Переходные процессы в электронно-дырочном переходе. Контакты металл-полупроводник. Выпрямляющие контакты металл-полупроводник. Полевые транзисторы с управляющим переходом. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Усилительные свойства полевых транзисторов. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.

14.1.4. Вопросы на собеседование

Зонная диаграмма электронно-дырочного перехода. Электронно-дырочный переход при смещении в прямом направлении. Электронно-дырочный переход при смещении в обратном направлении. Пробой электронно-дырочного перехода: туннельный, лавинный, тепловой. Переходные процессы в pn-переходе при установлении прямого напряжения и при изменении напряжения с прямого на обратное. Выпрямляющий контакт металл-полупроводник. Структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структура). Основные параметры диодов: выпрямительного, импульсного. Стабилитрон: вольт-амперная характеристика и схема включения. Параметры биполярного транзистора при его работе в режимах отсечки, насыщения и нормальном активном режиме. Статические характеристики биполярного транзистора включенного по схеме с общей базой (общим эмиттером). Линейные модели биполярного транзистора: биполярный транзистор как четырехполюсник, физическая малосигнальная Т-образная высокочастотная эквивалентная схема биполярного транзистора. Работа биполярного транзистора в импульсном режиме: режим переключения в схеме с общим эмиттером, временные диаграммы работы. Статические характеристики полевых транзисторов с управляющим pn-переходом и каналом n-типа. Малосигнальные параметры полевых транзисторов с управляющим переходом: крутизна передаточной характеристи-

Согласована на портале № 48520

ки, дифференциальное сопротивление канала, коэффициент усиления по напряжению, эквивалентные схемы. Полевой транзистор с изолированным затвором и индуцированным каналом n-типа: структура, принцип действия, выходные и передаточные характеристики. Статические параметры МДП-транзисторов. 18. Усилительные свойства полевого транзистора при включении по схеме с общим истоком и схеме с общим стоком. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме: схема ключа с общим истоком на МДП-транзисторе.

14.1.5. Темы контрольных работ

Расчет полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.

Расчет полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом.

14.1.6. Темы лабораторных работ

Исследование статических характеристик биполярного транзистора

Исследование полевого транзистора с управляющим pn-переходом

14.1.7. Методические рекомендации

Необходимо знать механизм образования зонной структуры полупроводниковых материалов, особенности зонных диаграмм примесных полупроводников, отличие вырожденных полупроводников от невырожденных полупроводников.

Необходимо четко представлять, что такое равновесная, неравновесная и избыточная концентрация носителей заряда, знать закон действующих масс и уметь его использовать для определения равновесных концентраций носителей заряда. Необходимо знать природу электропроводности полупроводников, выражения для дрейфовых и диффузионных составляющих токов в полупроводнике, физическую сущность и границы применения уравнений непрерывности, уравнений диффузии и уравнений заряда. Необходимо уяснить эффект поля, знать сущность дебаевской длины экранирования, иметь четкие представления о влиянии на свойства полупроводников поверхностных состояний.

Физические процессы в электрических переходах определяют принцип действия большинства полупроводниковых приборов. Именно поэтому необходимо знать типы электрических переходов и их конструктивно-технологические различия, влияние электрофизических и конструктивно-технологических параметров на электрические свойства переходов. Важно уметь объяснять свойства переходов с использованием энергетических диаграмм, знать вольт-амперные характеристики и уметь определять электрические параметры переходов. Необходимо знать виды и механизмы возникновения пробоя электронно-дырочных переходов. Особое внимание следует обратить на динамические свойства переходов. При изучении МДП-структур акцентировать внимание на вольт-фарадных характеристиках.

Необходимо знать классификацию полупроводниковых диодов по применению в устройствах электронной техники, условные графические обозначения, основные электрические и предельные эксплуатационные параметры. Рекомендуется особое внимание уделить овладению навыками формирования требований к выбору полупроводниковых диодов с учетом технико-экономических показателей, допустимых нагрузок, влияния внешних факторов.

Следует твердо уяснить принцип действия и режимы работы биполярного транзистора. Настоятельно рекомендуется усвоить связь токов и напряжений транзистора с режимами работы. Особое внимание следует обратить на физический смысл, условия определения, обозначения собственных параметров транзисторов и прежде всего коэффициентов передачи тока эмиттера и тока базы, а также параметров режима отсечки. Крайне важно знать основные схемы включения, входные и выходные статические характеристики схем включения. Настоятельно рекомендуется приобрести навыки в использовании модели Эберса-Молла для описания статических характеристик и определения режимов работы транзисторов. Следует знать физический смысл процессов модуляции толщины базы, накопления и рассасывания неосновных носителей заряда в базе, влияние этих процессов на характеристики и параметры биполярных транзисторов. Малосигнальная эквивалентная схема в h-параметрах, малосигнальная физическая Т-образная эквивалентная схема, соотношения параметров схем усиления электрических сигналов, влияние частоты на усилительные свойства транзисторов и режим усиления больших импульсных сигналов в схеме с общим эмиттером составляют минимально необходимую теоретическую основу для последующего изучения схемотехнических дисциплин.

Согласована на портале № 48520

Необходимо изучить принцип действия, классификацию и условные графические обозначения тиристоров, вольт-амперные характеристики и основные параметры. При изучении принципа действия тиристоров полезно использовать двухтранзисторный аналог тиристора. Следует обратить внимание на способы управления тиристорами.

Необходимо твердо усвоить принцип действия и различия основных типов полевых транзисторов. Важно знать выходные и передаточные статические характеристики полевых транзисторов, физический смысл эффекта модуляции длины канала и влияние этого эффекта на характеристики и параметры. Особое внимание следует обратить на физический смысл и условия определения крутизны, дифференциального сопротивления канала, коэффициента усиления по напряжению, межэлектродных емкостей. Настоятельно рекомендуется приобрести навыки в применении уравнений вольт-амперных характеристик МДП-транзисторов с индуцированным каналом для определения крутизны, коэффициента усиления по напряжению, параметров импульсного режима работы. Схемы включения полевых транзисторов для усиления электрических сигналов, упрощенные малосигнальные эквивалентные схемы, соотношения параметров схем усиления, влияние частоты на усилительные свойства транзисторов и режим усиления больших импульсных сигналов в схеме с общим истоком составляют минимально необходимую теоретическую основу для последующего изучения схемотехнических дисциплин.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;

Согласована на портале № 48520

– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 48520