МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

Физические основы электроники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Системы радиосвязи и радиодоступа**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **ФДО, Факультет дистанционного обучения**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Самостоятельная работа под руководством преподавателя	8	8	часов
2	Лабораторные работы	4	4	часов
3	Контроль самостоятельной работы	2	2	часов
4	Всего контактной работы	14	14	часов
5	Самостоятельная работа	90	90	часов
6	Всего (без экзамена)	104	104	часов
7	Подготовка и сдача зачета	4	4	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
			3.0	З.Е.

Контрольные работы: 3 семестр - 1
Зачет: 3 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 44426

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 54 от «15» 6 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТУ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

старший преподаватель каф. ТЭО _____ А. В. Гураков

доцент каф. ФЭ _____ Е. В. Саврук

Заведующий обеспечивающей каф. ТУ _____ Т. Р. Газизов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФДО _____ И. П. Черкашина

Заведующий выпускающей каф. ТОР _____ А. А. Гельцер

Эксперты:

Доцент кафедры технологий электронного обучения (ТЭО) _____ Ю. В. Морозова

Доцент кафедры телевидения и управления (ТУ) _____ А. Н. Булдаков

Согласована на портале № 44426

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

является изучение студентами физических эффектов и процессов, лежащих в основе принципов действия полупроводниковых приборов.

1.2. Задачи дисциплины

– сформировать у студентов знания, умения и навыки, позволяющие проводить самостоятельный анализ физических эффектов и процессов, определяющих принципы действия основных полупроводниковых приборов, как изучаемых в настоящей дисциплине, так и находящихся за её рамками.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические основы электроники» (Б1.В.ДВ.1.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Математический анализ, Физика, Физические основы микроэлектроники.

Последующими дисциплинами являются: Схемотехника телекоммуникационных устройств.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта;

– ПК-9 умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых приборов; зонные диаграммы собственных и примесных полупроводников, p-n-перехода, контакта металл- полупроводник и простейшего гетероперехода; физические процессы, происходящие на границе раздела различных сред; математическую модель идеализированного p-n- перехода и влияние на ВАХ ширины запрещённой зоны (материала), температуры и концентрации примесей; физический смысл основных параметров и основные характеристики электрических контактов различного вида в полупроводниковой электронике; физические процессы в структурах с взаимодействующими p-n- переходами и в структурах металл-диэлектрик-полупроводник; взаимосвязь между физической реализацией полупроводниковых структур и их моделями, электрическими характеристиками и параметрами; влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики; основные технологические процессы в микроэлектронике; области применения микроэлектронных приборов и датчиков в науке и технике.

– **уметь** находить значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) в учебной и справочной литературе для оценки их влияния на пара-метры структур; изображать структуры с различными контактными переходами; объяснять принцип действия и составлять электрические и математические модели рассматриваемых структур; объяснять связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур.

– **владеть** навыками изображения полупроводниковых структур с использованием зонных энергетических диаграмм; навыками составления эквивалентных схем изучаемых структур; навыками работы с типовыми средствами измерений с целью комплексной оценки основных параметров и статических характеристик изучаемых структур.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 44426

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Контактная работа (всего)	14	14
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	8	8
Лабораторные работы	4	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа (всего)	90	90
Подготовка к контрольным работам	36	36
Оформление отчетов по лабораторным работам	9	9
Подготовка к лабораторным работам	9	9
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	36	36
Всего (без экзамена)	104	104
Подготовка и сдача зачета	4	4
Общая трудоемкость, ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	

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	СРП, ч	Лаб. раб., ч	КСР, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Физические основы электроники.	1	0	2	12	13	ПК-7, ПК-9
2 Контакты металл – полупроводник. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.	1	0		12	13	ПК-7, ПК-9
3 Электронно-дырочные переходы.	1	0		12	13	ПК-7, ПК-9
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	1	4		30	35	ПК-7, ПК-9
5 Биполярные транзисторы.	2	0		12	14	ПК-7, ПК-9
6 Полевые транзисторы.	2	0		12	14	ПК-7, ПК-9
Итого за семестр	8	4	2	90	104	
Итого	8	4	2	90	104	

Согласована на портале № 44426

5.2. Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (самостоятельная работа под руководством преподавателя)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (самостоятельная работа под руководством преподавателя)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Физические основы электроники.	Элементы зонной теории полупроводников. Параметры, характеризующие свойства полупроводниковых материалов. Фундаментальная система уравнений твердотельной электроники. Собственные, примесные и компенсированные полупроводники. Диапазон рабочих температур полупроводниковых приборов. Равновесные и неравновесные носители зарядов в полупроводниках. Основные и неосновные носители. Закон действующих масс. Полупроводники в электрическом поле. Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Уравнения электронейтральности. Явления на поверхности полупроводников.	1	ПК-7, ПК-9
	Итого	1	
2 Контакты металл – полупроводник. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.	Энергетическая диаграмма выпрямляющего контакта металл – полупроводник. Принцип выпрямления на контакте металл – полупроводник по энергетическим диаграммам. Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл – полупроводник. Расчет напряженности поля и потенциала на контакте металл – полупроводник. Ширина области пространственного заряда. Диод Шоттки: структура, эквивалентная схема, параметры эквивалентной схемы. Модель диода Шоттки. Эффект Шоттки. Достоинства и недостатки диодов Шоттки. Омические контакты и их параметры.	1	ПК-7, ПК-9
	Итого	1	
3 Электронно-дырочные переходы.	Виды электрических переходов при контакте полупроводников. Механизм образования p-n-перехода. Контактная разность потенциалов. Односторонняя проводимость p-n-перехода. Расчет напряженности электрического поля и потенциала в p-n-переходе. Ширина ОПЗ для резкого и плавного p-n-переходов. Вольт-амперная характеристика идеального p-n-	1	ПК-7, ПК-9

Согласована на портале № 44426

	перехода. Диоды с толстой и тонкой базами. Вольт-амперная характеристика реального p-n-перехода. Явления в p-n-переходе при высоком уровне инжекции. Диффузионная и барьерная емкости p-n-перехода. Эквивалентная схема p-n-перехода и ее параметры. Переходные процессы в p-n-переходе. Пробой p-n-перехода. Зависимость параметров p-n-перехода от температуры. Зарядоуправляемая модель p-n-перехода. Гетеропереходы.		
	Итого	1	
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	Выпрямительные диоды. Выпрямительные столбы и блоки. Импульсные и универсальные диоды. Сверхвысокочастотные диоды. Варикапы. Стабилитроны. Лавинно-пролетные диоды. Туннельные и обращенные диоды. Фотодиоды. Светодиоды. Оптопары.	1	ПК-7, ПК-9
	Итого	1	
5 Биполярные транзисторы.	Общие сведения о биполярных транзисторах. Потоки носителей зарядов в биполярном транзисторе. Внутренние и внешние параметры биполярного транзистора. Статические параметры биполярного транзистора. Явления в биполярном транзисторе при больших токах. Модуляция толщины базы коллекторным напряжением (эффект Эрли). Пробой биполярного транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора. Динамический режим работы биполярного транзистора. Усилительные свойства биполярного транзистора. Эквивалентная схема биполярного транзистора. Системы z-, y- и h-параметров биполярного транзистора. Модели биполярного транзистора. Некоторые разновидности биполярных транзисторов. Основные параметры биполярных транзисторов и их ориентировочные значения.	2	ПК-7, ПК-9
	Итого	2	
6 Полевые транзисторы.	Полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом. Дифференциальные параметры полевого транзистора. Полевые транзисторы с управляющим переходом металл – полупроводник. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Импульсный режим полевых транзисторов.	2	ПК-7, ПК-9
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

Согласована на портале № 44426

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
Предшествующие дисциплины						
1 Линейная алгебра и аналитическая геометрия	+	+	+	+	+	+
2 Математический анализ	+	+	+	+	+	+
3 Физика	+	+	+	+	+	+
4 Физические основы микроэлектроники	+	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины						
1 Схемотехника телекоммуникационных устройств	+	+	+	+	+	+

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
	СРП	Лаб. раб.	КСР	Сам. раб.	
ПК-7	+	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Зачет, Тест
ПК-9	+	+	+	+	Контрольная работа, Проверка контрольных работ, Отчет по лабораторной работе, Зачет, 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
3 семестр			
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	Расчет параметров диода с резким p-n-переходом	4	ПК-7, ПК-9
	Итого	4	
Итого за семестр		4	

Согласована на портале № 44426

8. Контроль самостоятельной работы

Виды контроля самостоятельной работы приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Виды контроля самостоятельной работы

№	Вид контроля самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
3 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ПК-7, ПК-9
Итого		2	

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
3 семестр				
1 Физические основы электроники.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-7, ПК-9	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	12		
2 Контакты металл – полупроводник. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-7, ПК-9	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	12		
3 Электронно-дырочные переходы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-7, ПК-9	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	12		
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-7, ПК-9	Зачет, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к лабораторным работам	9		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	9		
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	30		
5 Биполярные	Самостоятельное изуче-	6	ПК-7, ПК-9	Зачет, Контрольная

Согласована на портале № 44426

транзисторы.	ние тем (вопросов) теоретической части курса			работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	12		
6 Полевые транзисторы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	6	ПК-7, ПК-9	Зачет, Контрольная работа, Тест
	Подготовка к контрольным работам	6		
	Итого	12		
	Выполнение контрольной работы	2	ПК-7, ПК-9	Контрольная работа
Итого за семестр		90		
	Подготовка и сдача зачета	4		Зачет
Итого		94		

10. Контроль самостоятельной работы (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. Саврук Е. В., Троян П. Е. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. В. Саврук, П. Е. Троян. – Томск ФДО, ТУСУР, 2016. – 245 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 27.08.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Санкт-Петербург Лань, 2013. — 560 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5856 (дата обращения: 27.08.2018).

2. Троян, П.Е. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.Е. Троян. — Москва ТУСУР, 2008. — 330 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/4966 (дата обращения: 27.08.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Саврук Е. В., Каранский В. В. Физические основы электроники. Расчет параметров диода с резким p-n-переходом [Электронный ресурс]: методические указания по выполнению лабораторной работы / Е. В. Саврук, В. В. Каранский. – Томск ФДО, ТУСУР, 2017. – 40 с. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 27.08.2018).

2. Саврук Е. В. Физические основы электроники : электронный курс / Е. В. Саврук. – Томск: ФДО, ТУСУР, 2016. Доступ из личного кабинета студента.

3. Саврук Е. В. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / Е. В. Саврук, Т. Р. Газизов. – Томск

Согласована на портале № 44426

ФДО, ТУСУР, 2018. Доступ из личного кабинета студента. - Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/ (дата обращения: 27.08.2018).

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. Рекомендуется использовать источники из списка https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh (со свободным доступом). ЭБС «Юрайт»: www.biblio-online.ru (доступ из личного кабинета студента по ссылке https://biblio.fdo.tusur.ru/). ЭБС «Лань»: www.e.lanbook.com (доступ из личного кабинета студента по ссылке http://lanbook.fdo.tusur.ru).

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 дисциплины

Кабинет для самостоятельной работы студентов

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- MathCAD (с возможностью удаленного доступа)
- Microsoft Windows
- OpenOffice

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Кабинет для самостоятельной работы студентов

учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Согласована на портале № 44426

Описание имеющегося оборудования:
- Коммутатор MicroTeak;
- Компьютер PENTIUM D 945 (3 шт.);
- Компьютер GELERON D 331 (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-zip
- Google Chrome
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
- MathCAD (с возможностью удаленного доступа)
- Microsoft Windows
- OpenOffice

13.1.3. 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 № 44426

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 Область полевого транзистора, из которой носители заряда уходят в канал, называется…
а) истоком;
б) стоком;
в) база;
г) затвором.

2 В транзисторах с управляющим p-n переходом в качестве затвора используется область, тип электропроводности которой…
а) противоположен типу электропроводности истока;
б) противоположен типу электропроводности стока;
в) совпадает с типом электропроводности в канале;
г) противоположен типу электропроводности канала.

3 Режим работы полевого транзистора с управляющим p-n переходом без перекрытия канала называется…
а) режимом отсечки;
б) линейным режимом;
в) режимом насыщения;
г) активным режимом.

4 Теоретически и экспериментально показано, что зоны разрешенных энергий разделены…
а) зонной проводимости;
б) запрещенной зоной;
в) валентной зоной.

5 Носители в невырожденных полупроводниках подчиняются статистике…
а) Ферми-Дирака;
б) Бозе-Эйнштейна;
в) Максвелла-Больцмана;
г) Больцмана.

6 К простым полупроводникам относятся…
а) Sn, GaAs, Si;
б) Sn, Si, Ge;
в) GaAs, InP, GaN;
г) Si, Ge, GaAs.

7 Эффект односторонней проводимости диода Шоттки отражен на эквивалентной схеме…
а) омическим сопротивлением базы;
б) дифференциальным сопротивлением;
в) сопротивлением растекания;
г) емкостью плоского конденсатора, одной из обкладок которой является металл, а второй (воображаемой) обкладкой является изменяющаяся граница ОПЗ.

8 При приложении прямого смещения напряжения ширина ОПЗ…
а) увеличивается;
б) уменьшается;
в) может как увеличиваться, так и уменьшаться;

Согласована на портале № 44426

г) не изменяется.

9 Базой диода Шоттки является…
а) область полупроводника;
б) область металла;
в) в зависимости от полярности либо полупроводник, либо металл.

10 Типичные значения контактной разности потенциалов для германиевых переходов…
а) 0,1–0,2 В;
б) 0,2–0,3 В;
в) 0,3–0,5 В;
г) 0,5–0,7 В.

11 Какой ток возникает в результате адсорбции электроположительных или электроотрицательных частиц на поверхности полупроводника?
а) ток тепловой генерации;
б) канальный ток;
в) ток утечки;
г) ток насыщения.

12 Прямой ток в ЭДП переходе, при приложении прямого смещения обусловлен…
а) диффузией основных носителей;
б) термоэлектронной эмиссией;
в) диффузией неосновных носителей;
г) дрейфом неосновных носителей.

13 Полупроводниковый прибор, содержащий один выпрямляющий переход и два вывода, называется…
а) биполярным транзистором;
б) полупроводниковым диодом;
в) тиристором;
г) полевым транзистором.

14 Возможность создания функциональных микроэлектронных устройств с фотоприемниками, характеристики которых под действием оптического излучения изменяются по заданному (сколь угодно сложному) закону, является достоинством…
а) туннельных диодов;
б) варикапов;
в) стабилитронов;
г) оптопар.

15 При лавинном механизме пробоя напряжения пробоя полупроводникового диода на основе ЭДП с увеличением температуры…
а) увеличивается;
б) уменьшается;
в) не изменяется.

16 Полупроводниковый прибор, содержащий два взаимодействующих электронно-дырочных перехода, три или более выводов, носит название…
а) полевой транзистор;
б) биполярный транзистор;
в) стабилитрон;
г) тиристор.

Согласована на портале № 44426

17 Супербета транзистор – это транзистор, имеющий коэффициент передачи тока базы больше…

а) 100;
б) 200;
в) 300;
г) 400;

18 Все элементы в системе z-параметров имеют размерность…

а) сопротивления;
б) проводимости;
в) тока;
г) напряжения.

19 Расшифруйте первые две буквы маркировки полупроводникового диода ВВ.

а) В – германий; В – маломощный импульсный и универсальный диод;
б) В – кремний; В – варикап;
в) В – арсенид галлия; В – маломощный импульсный и универсальный диод;
г) В – кремний; В – варикап.

20 Какой из пробоев ЭДП является необратимым?

а) лавинный;
б) тепловой;
в) туннельный.

14.1.2. Темы контрольных работ

Физические основы электроники (примеры типовых заданий для контрольной работы с автоматизированной проверкой).

1 Отличительной особенностью какого класса веществ является очень сильная реакция на внешнее воздействие (температуры, освещения, воздействия электрических и магнитных полей)?

а) полупроводники;
б) металлы;
в) диэлектрики.

2 Дрейфовым током называется ток, обусловленный…

а) градиентом концентрации;
б) градиентом температур;
в) электрическим полем;
г) магнитным полем.

3 Величина дифференциального сопротивления диода Шоттки зависит от…

а) температуры;
б) удельного сопротивления полупроводника;
в) толщины базы;
г) площади контакта металла с полупроводником.

4 Емкость диода Шоттки с увеличением обратного напряжения…

а) уменьшается;
б) увеличивается;
в) не изменяется.

5 Какой пробой обусловлен процессом ударной ионизации?

а) тепловой;
б) туннельный;
в) лавинный.

Согласована на портале № 44426

6 При уходе дырки с p-области в n-область, при контакте полупроводников n- и p-типа, на месте ее ухода остается…

а) положительно заряженный акцептор;

б) отрицательно заряженный акцептор;

в) положительно заряженный донор;

г) отрицательно заряженный донор.

7 Физической основой какого диода является эффект односторонней проводимости электронно-дырочного перехода?

а) импульсного диода;

б) выпрямительного диода;

в) СВЧ-диода;

г) смесительного диода.

8 Какой из полупроводниковых диодов на основе ЭДП перехода имеет участок отрицательного дифференциального сопротивления на ВАХ?

а) туннельный диод;

б) варикап;

в) фотодиод;

г) стабилитрон.

9 Биполярный транзистор имеет выводы…

а) эмиттер,

б) сток;

в) база;

г) коллектор;

д) исток;

е) затвор.

10 Электрическое поле, изменяющее проводимость канала, создается путем подачи управляющего напряжения на электрод, называемый…

а) истоком;

б) стоком;

в) затвором.

14.1.3. Зачёт

1 В соответствии с принципом Паули на каждом энергетическом уровне может находиться…

а) один электрон;

б) два электрона с противоположными спинами;

в) два электрона с одинаковыми спинами;

г) бесконечно большое количество электронов.

2 Подвижность электронов в полупроводниках…

а) всегда меньше подвижности дырок;

б) может быть как меньше подвижности дырок, так и больше;

в) всегда больше подвижности дырок;

г) равна подвижности дырок.

3 Удельное сопротивление полупроводника с ростом температуры…

а) уменьшается;

б) увеличивается;

в) сначала уменьшается, затем увеличивается;

г) не изменяется.

Согласована на портале № 44426

4 Омический контакт представляет собой структуру…
а) металл-металл;
б) металл-полупроводник;
в) полупроводник-полупроводник;
г) металл-диэлектрик.

5 Электроны, прошедшие в металл, создают на его поверхности отрицательный заряд, а в при поверхностном слое проводника не скомпенсированные ионизованные доноры формируют положительный заряд, в результате этого процесса между металлом и полупроводником возникает…
а) внутреннее электрическое поле;
б) внешнее электрическое поле;
в) магнитное поле;
г) градиент концентрации.

6 При приложении обратного напряжения ширина ОПЗ…
а) увеличивается;
б) уменьшается;
в) может как увеличиваться, так и уменьшаться;
г) не изменяется.

7 Явление перехода основных носителей заряда через ОПЗ p-n-перехода в область, где они становятся неосновными, носит название…
а) инжекция неосновных носителей заряда;
б) инжекция основных носителей заряда;
в) экстракция неосновных носителей заряда;
г) экстракция основных носителей заряда.

8 Какой ток возникает из-за загрязнения поверхности полупроводника и может существенно влиять на обратную ветвь ВАХ при достаточно больших обратных напряжениях?
а) ток тепловой генерации;
б) канальный ток;
в) ток утечки;
г) ток насыщения.

9 Что является причиной перехода носителей в соседние области при образовании p-n-перехода при контакте p- и n-областей?
а) силы электрического притяжения, возникающие между электроном и дыркой;
б) градиент концентрации между p- и n-областями;
в) термоэлектронная эмиссия;
г) дрейф носителей между p- и n-областями.

10 Ширина ОПЗ с увеличением обратного смещения, приложенного к ЭДП переходу…
а) увеличивается;
б) уменьшается;
в) не изменяется.

11 К числу предельных параметров выпрямительных диодов не относится…
а) максимальная мощность;
б) максимальная рабочая температура;
в) допустимый прямой ток;
г) максимальная рабочая частота.

12 Все стабилитроны производятся на основе…

Согласована на портале № 44426

а) фосфида индия;
б) арсенида галлия;
в) германия;
г) кремния.

13 Какой из полупроводниковых диодов на основе ЭДП перехода работает на лавинном пробое?
а) туннельный диод;
б) варикап;
в) фотодиод;
г) стабилитрон.

14 Какой из полупроводниковых диодов на основе ЭДП перехода работает на явлении рекомбинации?
а) туннельный диод;
б) варикап;
в) светодиод;
г) стабилитрон.

15 Усилительные, генераторные и переключательные свойства биполярного транзистора обусловлены явлениями…
а) инжекции неосновных и экстракции основных носителей зарядов;
б) инжекции основных и экстракции неосновных носителей зарядов;
в) инжекции и экстракции основных носителей зарядов;
г) инжекции и экстракции неосновных носителей зарядов.

16 Какие из нижеперечисленных параметров биполярного транзистора не относится к числу внешних?
а) статический коэффициент передачи тока эмиттера;
б) дифференциальный коэффициент передачи тока эмиттера;
в) коэффициент передачи тока базы;
г) эффективность коллектора.

17 Наибольшее распространение биполярные транзисторы с эмиттерным гетеропереходом получили при разработке СВЧ-транзисторов на основе…
а) Si;
б) Ge;
в) GaAs;
г) GaN.

18 Область, в которую приходят носители заряда, называется…
а) истоком;
б) стоком;
в) затвором.

19 Режим работы полевого транзистора с управляющим p-n переходом с частичным перекрытием канала называется…
а) режимом отсечки;
б) линейным режимом;
в) режимом насыщения;
г) активным режимом.

20 Дифференциальный параметр, характеризующий влияние напряжения стока на ток стока, называется…

Согласована на портале № 44426

а) крутизной;
б) выходной проводимостью;
в) коэффициентом усиления;
г) внутренним сопротивлением транзистора.

14.1.4. Темы лабораторных работ

Расчет параметров диода с резким p-n-переходом

14.1.5. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала необходимо осуществлять медленно, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;
- если в тексте встречаются термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;
- необходимо осмысливать прочитанное и изученное, отвечать на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия в форме вебинаров. Расписание вебинаров публикуется в кабинете студента на сайте Университета. Запись вебинара публикуется в электронном курсе по дисциплине.

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	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету,	Преимущественно проверка методами исходя из состояния

Согласована на портале № 44426

показаниям	контрольные работы, устные ответы	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;
- 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 № 44426