МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 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 (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
Лабораторные занятия	8	8	часов
Самостоятельная работа	113	113	часов
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	10	10	часов
Контрольные работы	4	4	часов
Подготовка и сдача экзамена	9	9	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
		4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Экзамен	4	
Контрольные работы	4	2

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 77899

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. 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

1. 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

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.05.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знает фундаментальные законы естественных наук и математики
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет практическими навыками решения инженерных задач
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 77899

ПКС-11. Способен 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	ПКС-11.1. Знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства их компьютерного моделирования
	ПКС-11.2. Умеет 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	Умеет 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
	ПКС-11.3. Владеет навыками построения простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования	Владеет навыками построения простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	22	22
Лабораторные занятия	8	8

Согласована на портале № 77899

Самостоятельная работа под руководством преподавателя	10	10
Контрольные работы	4	4
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	113	113
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	48	48
Подготовка к контрольной работе	53	53
Подготовка к лабораторной работе	4	4
Написание отчета по лабораторной работе	8	8
Подготовка и сдача экзамена	9	9
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лаб. раб.	Контр. раб.	СРП, ч.	Сам. раб., ч	Всего часов (без промежуточной аттестации)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Физические основы твердотельной электроники	8	4	1	20	33	ПКС-11
2 Контактные явления	-		1	12	13	ПКС-11
3 Полупроводниковые диоды	-		1	12	13	ПКС-11
4 Биполярные транзисторы	-		1	12	13	ОПК-1, ПКС-11
5 Тиристоры	-		1	16	17	ОПК-1, ПКС-11
6 Полевые транзисторы	-		1	18	19	ОПК-1, ПКС-11
7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	-		2	15	17	ПКС-11
8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы	-		2	8	10	ПКС-11
Итого за семестр	8	4	10	113	135	
Итого	8	4	10	113	135	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины	СРП, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			

Согласована на портале № 77899

1 Физические основы твердотельной электроники	Зонная структура полупроводников. Распределение носителей заряда в полупроводниках. Процессы переноса заряда в полупроводниках. Поверхностные явления в полупроводниках. Диэлектрическая релаксация	1	ПКС-11
	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 идеализированного электроннодырочного перехода. Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода. Пробой электронно-дырочного перехода. Динамические параметры электронно-дырочного перехода. Переходные процессы в электроннодырочном переходе. Контакты металл-полупроводник. Выпрямляющие контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Гетеропереходы.	1	ПКС-11
	Итого	1	
3 Полупроводниковые диоды	Общие сведения. Выпрямительные диоды. Импульсные диоды. Диоды Шоттки. Стабилитроны и стабисторы. Варикапы. Туннельные диоды и обращенные диоды	1	ПКС-11
	Итого	1	

Согласована на портале № 77899

4 Биполярные транзисторы	Структуры и основные режимы работы. Распределение стационарных потоков носителей заряда. Собственные статические параметры транзистора. Модель Эберса-Молла биполярного транзистора. Модуляция толщины базы. Пробой биполярных транзисторов. Статические характеристики. Динамические параметры транзистора. Линейные модели биполярного транзистора. Усилительные свойства транзистора. Работа биполярного транзистора в импульсном режиме. Зависимость параметров от режима работы.	1	ОПК-1, ПКС-11
	Итого	1	
5 Тиристоры	Диодные тиристоры. Триодные тиристоры. Симметричные тиристоры. Способы управления тиристорами	1	ОПК-1, ПКС-11
	Итого	1	
6 Полевые транзисторы	Полевые транзисторы с управляющим переходом. Статические характеристики полевых транзисторов с управляющим p-n-переходом. Малосигнальные параметры полевых транзисторов с управляющим переходом. Эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим переходом. Инерционные свойства полевых транзисторов с управляющим переходом. Полевые транзисторы с изолированным затвором. МДП-транзисторы с индуцированным каналом. Статические характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом. МДП-транзисторы со встроенным каналом. Статические характеристики МДП-транзисторов. Эквивалентные схемы МДП-транзисторов. Инерционные свойства МДП-транзисторов. Усилительные свойства полевых транзисторов. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.	1	ОПК-1, ПКС-11
	Итого	1	
7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	Классификация оптоэлектронных приборов. Фототранзисторы. Оптоэлектронные пары.	2	ПКС-11
	Итого	2	

Согласована на портале № 77899

8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы	Терморезисторы. Полупроводниковые термоэлектрические устройства. Полупроводниковые гальваномагнитные приборы.	2	ПКС-11
	Итого	2	
Итого за семестр		10	
Итого		10	

5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ПКС-11
2	Контрольная работа	2	ПКС-11
Итого за семестр		4	
Итого		4	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Физические основы твердотельной электроники	Исследование статических параметров биполярного транзистора.	4	ПКС-11
	Исследование полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.	4	ПКС-11
	Итого	8	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

5.5.Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				

Согласована на портале № 77899

1 Физические основы твердотельной электроники	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ПКС-11	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе	4	ПКС-11	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	8	ПКС-11	Отчет по лабораторной работе
	Итого	20		
2 Контактные явления	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	8	ПКС-11	Контрольная работа
	Итого	12		
3 Полупроводниковые диоды	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	8	ПКС-11	Контрольная работа
	Итого	12		
4 Биполярные транзисторы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	8	ОПК-1, ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ПКС-11	Контрольная работа
	Итого	12		
5 Тиристоры	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	8	ОПК-1, ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	8	ПКС-11	Контрольная работа
	Итого	16		

Согласована на портале № 77899

6 Полевые транзисторы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	10	ОПК-1, ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	8	ПКС-11	Контрольная работа
	Итого	18		
7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	9	ПКС-11	Контрольная работа
	Итого	15		
8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ПКС-11	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ПКС-11	Контрольная работа
	Итого	8		
Итого за семестр		113		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		122		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лаб. раб.	Конт.Раб.	СРП	Сам. раб.	
ОПК-1			+	+	Тестирование, Экзамен
ПКС-11	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

Согласована на портале № 77899

1. Легостаев Н. С. Твердотельная электроника: Учебное пособие / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. - Томск: Эль Контент, 2011. - 244 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

7.2. Дополнительная литература

1. Физические основы твердотельной электроники: Учебно-методическое пособие Томск Издательство ТУСУРа 2019 [Электронный ресурс] / Ю. Г. Юшков [и др.]. — Томск: ТУСУР: 2019. — 152 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/9026.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Легостаев Н. С. Твердотельная электроника: Методические указания / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. - Томск: Эль Контент, 2012. - 52 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.
2. Легостаев Н. С. Твердотельная электроника : методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / Н. С. Легостаев, С.Г. Михальченко. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 17с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

7.3.2. 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.

7.4. Иное учебно-методическое обеспечение

1. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: электронный курс / Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов. - Томск: ФДО, ТУСУР, 2012. (доступ из личного кабинета студента) .

7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

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

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

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

Согласована на портале № 77899

Описание имеющегося оборудования:
- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

8.2. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

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

8.3. 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 зрения** 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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной

Согласована на портале № 77899

компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Физические основы твердотельной электроники	ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
2 Контактные явления	ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Полупроводниковые диоды	ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Биполярные транзисторы	ОПК-1, ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Тиристоры	ОПК-1, ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 77899

6 Полевые транзисторы	ОПК-1, ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы	ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы	ПКС-11	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Согласована на портале № 77899

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

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

Согласована на портале № 77899

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; 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; в) 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; б) 1,5 мА/В; в) 2 мА/В; г) 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; б) 0,6 мА/В; в) 0,9 мА/В; г) 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.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Кристалл кремния содержит 10^17 атомов бора в 1см^3. Определить “расстояние” между уровнем Ферми и серединой запрещенной зоны при температуре T = 300K. а) 0,223 Эв;. б)

Согласована на портале № 77899

0,308 Эв; в) 0,416 Эв; г) 0,609 Эв.

2. Определить концентрацию электронов при T = 300K в собственном кремниевом полупроводнике. а) 10^7 см^-3; б) 10^8 см^-3; в) 10^10 см^-3; г) 10^12 см^-3.
3. Определить концентрацию электронов при T = 300K в кристалле кремния, содержащем 5x10^17 атомов сурьмы в 1см^-3. а) 3x10^15 см^-3; б) 4x10^15 см^-3; в) 5x10^17 см^-3; г) 5x10^19 см^-3.
4. Определить отношение электронного дрейфового тока к дырочному дрейфовому току при T = 300K для кремния n-типа с удельным сопротивлением 5 Ом х см. а) 1,14 х 10^9; б) 1,97 х 10^9; в) 2,23 х 10^9; г) 3,16 х 10^9.
5. Определить подвижность электронов в кремнии при T = 300K, если коэффициент диффузии электронов равен 31 см^2/с. а) 700 см^2/(Вс); б) 900 см^2/(Вс); в) 1200 см^2/(Вс); г) 1400 см^2/(Вс).
6. Определить удельное сопротивление собственного кремния при температуре T = 300K. а) 1,29 х 10^5 Ом х см; б) 2,29 х 10^5 Ом х см; в) 3,29 х 10^5 Ом х см; г) 4,29 х 10^5 Ом х см.
7. Дрейфовый ток плотностью 10 мА/см^2 протекает через кристалл кремния p-типа с удельным сопротивлением 5 Ом х см. Определить среднюю скорость дрейфа дырок. а) 20 см/с; б) 30 см/с; в) 40 см/с; г) 50 см/с.
8. На сколько процентов увеличится коэффициент диффузии невырожденного полупроводника, если при увеличении температуры на 10 % подвижность носителей изменилась на 1 %. а) на 5,9 %; б) на 7,9 %; в) на 8,9 %; г) на 9,9 %.
9. Обратный ток насыщения электронно-дырочного перехода равен 10 мкА. К переходу приложено прямое напряжение, равное 0,5 В. Найти отношение прямого тока к обратному при T = 300K. а) 12,6 х 10^7; б) 16,2 х 10^7; в) 21,8 х 10^7; г) 26,3 х 10^7.
10. Определить контактную разность потенциалов кремниевого p-n-перехода при T = 300K, 14 42178 если концентрация акцепторных примесей равна 2 х 10^13 см^-3, а концентрация донорных примесей 5 х 10^12 см^-3. а) 216 мВ; б) 359 мВ; в) 432 мВ; г) 618 мВ.

9.1.3. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Твердотельная электроника.
Расчет полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.
Расчет полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом.

1. Определить концентрацию электронов в кремнии n-типа при T = 300K, если его удельная проводимость составляет 0,1 См/см. а) 2,15 х 10^14 см^-3; б) 3,02 х 10^14 см^-3; в) 4,47 х 10^14 см^-3; г) 6,14 х 10^14 см^-3.
2. Подвижность дырок в монокристалле кремния при температуре T = 300K равна 500 см^2/(Вс). Определить коэффициент диффузии дырок в см^2/с. а) 8,2; б) 12,9; в) 14,3; г) 16,9.
3. Определить удельную проводимость образца кремния (в мкСм/см) при температуре T=300K, если концентрация акцепторов в полупроводнике 2,3 х 10^13 см^-3 и концентрация доноров 2,2 х 10^13 см^-3 . Подвижность электронов и дырок в кремнии 1500 см^2/(Вс) и соответственно 600 см^2/(Вс). а) 43; б) 78; в) 96; г) 112.
4. Электронно-дырочный переход, имеющий обратный ток насыщения 25 мкА, работает при прямом напряжении, равном 0,1 В, и температуре T = 300K. Определить сопротивление перехода постоянному току. Ответ дать в Ом. а) 60; б) 70; в) 85; г) 95.
5. У биполярного транзистора типа n-p-n напряжение база-эмиттер Uбэ = - 0,6 В, а напряжение коллектор-эмиттер Uкэ= - 0,9 В. В каком режиме работает транзистор: а) отсечки; б) насыщения; в) нормальном активном; г) инверсном активном.
6. Определить коэффициент передачи по току усилительного каскада с общей базой, если амплитуда переменной составляющей тока коллектора равна 3,9 мА, а амплитуда переменной составляющей тока эмиттера равна 4 мА. а) 0,54; б) 0,62; в) 0,76; г) 0,98.
7. Наиболее легированной областью биполярного транзистора является: а) область эмиттера; б) область коллектора; в) область базы; г) области эмиттера и базы легированы одинаково.
8. Статическая выходная характеристика биполярного транзистора в схеме с общей базой представляет собой зависимость: а) тока коллектора от напряжения коллектор-база при

Согласована на портале № 77899

фиксированном токе эмиттера; б) тока коллектора от напряжения коллектор-база при фиксированном токе базы; в) тока коллектора от напряжения коллектор-база при фиксированном напряжении базаэмиттер; г) тока коллектора от напряжения эмиттер-база при фиксированном токе эмиттера

9. Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом и каналом p-типа имеет начальный ток стока, равный 2 мА и напряжение отсечки, равное 5 В. Определить крутизну транзистора при напряжении Uзи = 2,5 В. а) 0,4 мА/В; б) 0,8 мА/В; в) 1,2 мА/В; г) 1,6 мА/В.
10. Определить минимальную длину световой волны (в нм), для которой арсенид галлия, имеющий ширину запрещенной зоны 1,43 эВ при температуре T = 300K, является оптически прозрачным. а) 412; б) 618; в) 869; г) 980.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование статических параметров биполярного транзистора.
2. Исследование полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.

9.2. 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 осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе по дисциплине.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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

Согласована на портале № 77899

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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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 № 77899

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ
протокол № 12 от «14» 12 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a
Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a
Декан ФДО	И.П. Черкашина	Согласовано, 4580bdea-d7a1-4d22-bda1-21376d739cfc

ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. ТЭО	А.В. Гураков	Согласовано, 4bfa5749-993c-4879-adcf-c25c69321c91
Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d

РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Разработано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d
Ассистент, каф. ТЭО	Ю.Л. Замятина	Разработано, 1663c03a-62e7-4092-902a-95591a9d4047

Согласована на портале № 77899