МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Твердотельная электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Промышленная электроника**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **2**
Семестр: **3, 4**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	6		6	часов
2	Практические занятия	2	2	4	часов
3	Лабораторные работы		8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	8	10	18	часов
5	Из них в интерактивной форме	2	1	3	часов
6	Самостоятельная работа	28	130	158	часов
7	Всего (без экзамена)	36	140	176	часов
8			4	4	часов
9	Общая трудоемкость	36	144	180	часов
		5.0		5.0	З.Е

Контрольные работы: 4 семестр - 2
Дифференцированный зачет: 4 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20283

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 44 от «31» 3 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 12 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ПрЭ	_____	Н. С. Легостаев

Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ЗиВФ _____ И. В. Осипов

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ _____ С. Г. Михальченко

Эксперт:

доцент кафедра ПрЭ _____ Д. О. Пахмурин

Согласована на портале № 20283

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.13.1) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математика, Материалы электронной техники, Физика, Химия.

Последующими дисциплинами являются: Аналоговая электроника, Вакуумная и плазменная электроника, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Инженерные расчеты в Mathcad, Методы анализа и расчета электронных схем, Метрология и технические измерения, Микроволновая, квантовая и оптическая электроника, Микросхемотехника, Микроэлектроника, Наноэлектроника, Научно-исследовательская работа (рассред.), Основы преобразовательной техники, Преддипломная практика, Профессиональные математические пакеты, Схемотехника, Схемотехника ключевых устройств, Цифровая и микропроцессорная техника, Электронные промышленные устройства, Энергетическая электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

– ПК-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины студент 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

Согласована на портале № 20283

		3 семестр	4 семестр
Аудиторные занятия (всего)	18	8	10
Лекции	6	6	
Практические занятия	4	2	2
Лабораторные работы	8		8
Из них в интерактивной форме	3	2	1
Самостоятельная работа (всего)	158	28	130
Оформление отчетов по лабораторным работам	10		10
Проработка лекционного материала	18	18	
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8	8	
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	2	
Выполнение контрольных работ	120		120
Всего (без экзамена)	176	36	140
	4		4
Общая трудоемкость ч	180	36	144
Зачетные Единицы	5.0	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	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Физические основы твердотельной электроники	1	0	0	0	1	ОПК-1, ПК-2
2 Контактные явления	1	2	0	12	15	ОПК-1, ПК-2
3 Полупроводниковые диоды	1	0	0	4	5	ОПК-1, ПК-2
4 Биполярные транзисторы	1	0	0	4	5	ОПК-1, ПК-2
5 Полевые транзисторы	1	0	0	6	7	ОПК-1, ПК-2
7 Тиристоры	1	0	0	2	3	ОПК-1, ПК-2
Итого за семестр	6	2	0	28	36	
4 семестр						
6 Лабораторные работы	0	2	8	10	20	ОПК-1, ПК-2

Согласована на портале № 20283

8 Выполнение контрольных работ	0	0	0	120	120	ОПК-1, ПК-2
Итого за семестр	0	2	8	130	140	
Итого	6	4	8	158	176	

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
3 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-1, ПК-2
	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-1, ПК-2
	Итого	1	
3 Полупроводниковые диоды	Выпрямительные диоды, импульсные диоды, диоды Шоттки, стабилитроны, стабисторы, варикапы, туннельные диоды – параметры и характеристики.	1	ОПК-1, ПК-2
	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-1, ПК-2
	Итого	1	
5 Полевые транзисторы	Полевые транзисторы с управляющим	1	ОПК-1,

Согласована на портале № 20283

	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 схемы МДП-транзисторов. Инерционные свойства МДП-транзисторов. Усилительные свойства полевых транзисторов. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.		ПК-2
	Итого	1	
7 Тиристоры	Диодные тиристоры, триодные тиристоры, симметричные тиристоры, способы включения тиристоров. основные параметры.	1	ОПК-1, ПК-2
	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 Математика	+							
2 Материалы электронной техники	+							
3 Физика	+							
4 Химия	+							
Последующие дисциплины								
1 Аналоговая электроника	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Вакуумная и плазменная электроника	+	+						
3 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+	+	+		+	+	+	
4 Инженерные расчеты в						+		+

Согласована на портале № 20283

Mathcad								
5 Методы анализа и расчета электронных схем				+	+			
6 Метрология и технические измерения						+		
7 Микроволновая, квантовая и оптическая электроника	+	+						
8 Микросхемотехника			+	+	+			
9 Микроэлектроника			+	+	+			
10 Наноэлектроника	+							
11 Научно-исследовательская работа (рассред.)	+	+	+	+	+		+	+
12 Основы преобразовательной техники			+	+	+		+	
13 Преддипломная практика			+	+	+		+	
14 Профессиональные математические пакеты								+
15 Схемотехника			+	+	+		+	
16 Схемотехника ключевых устройств			+		+			
17 Цифровая и микропроцессорная техника			+	+	+			
18 Электронные промышленные устройства			+	+	+		+	
19 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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	

Согласована на портале № 20283

ОПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Дифференцированный зачет
ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Собеседование, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Дифференцированный зачет

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Интерактивные лабораторные занятия	Всего
3 семестр				
Презентации с использованием слайдов с обсуждением	1			1
Выступление студента в роли обучающего		1		1
Итого за семестр:	1	1	0	2
4 семестр				
Работа в команде			1	1
Итого за семестр:	0	0	1	1
Итого	1	1	1	3

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
4 семестр			
6 Лабораторные работы	Исследование статических характеристик биполярного транзистора	4	ОПК-1, ПК-2
	Исследование полевого транзистора с управляющим p-n-переходом	4	

Согласована на портале № 20283

	Итого	8	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Контактные явления	Определение статических и динамических параметров переходов.	2	ОПК-1, ПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		2	
4 семестр			
6 Лабораторные работы	Определение статических и динамических параметров биполярных транзисторов	2	ОПК-1, ПК-2
	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
3 семестр				
2 Контактные явления	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-1, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Собеседование
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	8		
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	12		
3 Полупроводниковые диоды	Проработка лекционного материала	4	ОПК-1, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная рабо-

Согласована на портале № 20283

	Итого	4		та, Собеседование
4 Биполярные транзисторы	Проработка лекционного материала	4	ОПК-1, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Собеседование
	Итого	4		
5 Полевые транзисторы	Проработка лекционного материала	6	ОПК-1, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Собеседование
	Итого	6		
7 Тиристоры	Проработка лекционного материала	2	ОПК-1, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Собеседование
	Итого	2		
Итого за семестр		28		
4 семестр				
6 Лабораторные работы	Оформление отчетов по лабораторным работам	10	ОПК-1, ПК-2	Защита отчета, Отчет по лабораторной работе
	Итого	10		
8 Выполнение контрольных работ	Выполнение контрольных работ	120	ОПК-1, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Собеседование
	Итого	120		
Итого за семестр		130		
	Подготовка и сдача экзамена / зачета	4		Дифференцированный зачет
Итого		162		

9.1. Темы контрольных работ

1. Расчет полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.
2. Расчет полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом.

9.2. Темы для самостоятельного изучения теоретической части курса

1. Пробой электронно-дырочного перехода.
2. Динамические параметры электронно-дырочного перехода.
3. Переходные процессы в электронно-дырочном переходе.
4. Контакты металл-полупроводник.
5. Выпрямляющие контакты металл-полупроводник.
6. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник.
7. Гетеропереходы.

9.3. Вопросы на проработку лекционного материала

1. Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состояниях.
2. Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода.
3. Полевые транзисторы с управляющим переходом.
4. Полевые транзисторы с изолированным затвором.
5. Усилительные свойства полевых транзисторов.
6. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.
7. Распределение стационарных потоков носителей заряда в биполярном транзисторе.
8. Собственные статические параметры биполярного транзистора.
9. Статические характеристики биполярного транзистора.
10. Линейные модели биполярного транзистора.
11. Усилительные свойства биполярного транзистора.
12. Работа биполярного транзистора в импульсном режиме.

Согласована на портале № 20283

13. Выпрямительные диоды.
14. Диоды Шоттки.
15. Стабилитроны.
16. Диодные, триодные и симметричные тиристоры.
17. Основные статические и динамические параметры тиристоров.
18. Способы управления тиристорами.

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Не предусмотрено

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Шангин А.С. Твердотельные приборы и устройства: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Шангин А.С. - Томск: ТУСУР, 2012. - 156 с. [Электронный ресурс]. - https://edu.tusur.ru/publications/2438

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

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.)

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. ELIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. - Режим доступа: http://elibrary.ru

Согласована на портале № 20283

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое 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 наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 333. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1 шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1 шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8 ГГц. -14 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 333. Состав оборудования: Учебная мебель; Экран с электроприводом DRAPER BARONET – 1 шт.; Мультимедийный проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Pentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Samsung 18.5" S19C200N– 18 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft SQL-Server 2005; Matlab v6.5

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **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 удаленного просмотра.

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

Согласована на портале № 20283

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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:

Согласована на портале № 20283

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 20283

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Твердотельная электроника

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

Учебный план набора 2016 года

Разработчик:
- профессор каф. ПрЭ Н. С. Легостаев

Дифференцированный зачет: 4 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20283

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-2	способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	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.; Должен 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.; Должен владеть навыками практической работы с полупроводниковыми приборами в составе электронной схемы; методами экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов. ;
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в реше-

Согласована на портале № 20283

			нии проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	эквивалентные схемы приборов, методы определения и расчета параметров эквивалентных схем; устройство, принцип действия, характеристики и параметры основных классов полупроводниковых приборов	производить расчет параметров основных классов полупроводниковых приборов; экспериментально определять параметры твердотельных приборов.	методами экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Экзамен; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Экзамен; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Согласована на портале № 20283

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• понимает связь между параметрами и характеристиками эквивалентных схем; ; • аргументирует выбор метода расчета основных параметров эквивалентных схем; ; • знает эквивалентные схемы приборов электроники и наноэлектроники.;	• умеет выбирать метод расчета основных параметров эквивалентных схем полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;; • умеет математически описывать связь между параметрами эквивалентных схем полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;; • умеет экспериментально определять параметры твердотельных приборов электроники и наноэлектроники.;	• владеет методиками расчета параметров полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;; • владее методами экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.;
Хорошо (базовый уровень)	• распознает эквивалентные схемы полупроводниковых приборов электроники различного функционального назначения;; • знает принцип действия основных классов полупроводниковых приборов и их основные технические характеристики;; • определяет методы расчета параметров эквивалентных схем приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.;	• самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование;; • умеет рассчитывать основные параметры полупроводниковых приборов и эквивалентных схем замещения.;	• владеет методами экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• дает определение основных понятий;; • распознает эквивалентные схемы полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники;; • знает принцип дей-	• умеет работать со справочной литературой;; • использует приборы, указанные в описании лабораторной работы;; • умеет производить расчет параметров	• владеет методами экспериментального исследования параметров полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.;

Согласована на портале № 20283

	ствия основных классов полупроводниковых приборов электроники и наноэлектроники.;	основных приборов электроники и наноэлектроники.;	

2.2 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	знает методы анализа переходных процессов	умеет анализировать переходные процессы в твердотельных приборах с использованием метода заряда	владеет навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;	• Интерактивные практические занятия; • Самостоятельная работа; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Экзамен; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Экзамен; • Собеседование; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; • Отчет по практическому занятию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• понимает связь между переходными процессами и полупроводниковыми приборами;	• умеет физически анализировать переходные процессы в полупроводниковых приборах с использованием метода	• свободно владеет разными способами представления физической информации в графической и математиче-

Согласована на портале № 20283

		заряда;; • умеет математически описывать переходные процессы в полупроводниковых приборах с использованием метода заряда.;	ской форме;; • владеет навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем.;
Хорошо (базовый уровень)	• знает переходные процессы в полупроводниковых приборах;; • имеет представление о методах анализа переходных процессов.;	• самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование; ; • умеет анализировать переходные процессы в полупроводниковых приборах.;	• способен классифицировать полупроводниковые приборы;; • владеет навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем. ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• дает определение основных понятий;; • распознает переходные процессы в полупроводниковых приборах.;	• умеет работать со справочной литературой;; • использует приборы, указанные в описании лабораторной работы.;	• владеет навыками практической работы с полупроводниковыми приборами и элементами электронных схем.;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Вопросы на собеседование

- Полевые транзисторы с управляющим переходом.
- Полевые транзисторы с изолированным затвором.
- Усилительные свойства полевых транзисторов.
- Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.
- Диодные, триодные и симметричные тиристоры.
- Основные статические и динамические параметры тиристоров.
- Способы управления тиристорами.
- Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состояниях.
- Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода.
- Выпрямительные диоды.
- Диоды Шоттки.
- Стабилитроны.
- Распределение стационарных потоков носителей заряда в биполярном транзисторе.
- 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.

Согласована на портале № 20283

- Структуры металл-диэлектрик-полупроводник.
- Гетеропереходы.
- Расчет полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.
- Расчет полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом.

3.2 Темы опросов на занятиях

- Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состояниях.
- Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода.
- Распределение стационарных потоков носителей заряда в биполярном транзисторе.
- 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.
- Структуры металл-диэлектрик-полупроводник.
- Полевые транзисторы с управляющим переходом.
- Полевые транзисторы с изолированным затвором.
- Усилительные свойства полевых транзисторов.
- Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.

3.3 Темы контрольных работ

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

3.4 Экзаменационные вопросы

- Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состояниях.
- Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода.
- Пробой электронно-дырочного перехода.
- Динамические параметры электронно-дырочного перехода.
- Переходные процессы в электронно-дырочном переходе.
- Контакты металл-полупроводник.
- Выпрямляющие контакты металл-полупроводник.
- Структуры металл-диэлектрик-полупроводник.
- Гетеропереходы.
- Выпрямительные диоды. Диоды Шоттки. Стабилитроны.
- Распределение стационарных потоков носителей заряда в биполярном транзисторе.
- Собственные статические параметры биполярного транзистора.
- Статические характеристики биполярного транзистора.
- Линейные модели биполярного транзистора.
- Усилительные свойства биполярного транзистора.
- Работа биполярного транзистора в импульсном режиме.
- Полевые транзисторы с управляющим переходом.
- Полевые транзисторы с изолированным затвором.
- Усилительные свойства полевых транзисторов.
- Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.
- Диодные, триодные и симметричные тиристоры.
- Основные статические и динамические параметры тиристоров.

Согласована на портале № 20283

– Способы управления тиристорами.

3.5 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Определение статических и динамических параметров переходов.
– Определение статических и динамических параметров биполярных транзисторов

3.6 Вопросы дифференцированного зачета

– Полевые транзисторы с управляющим переходом.
– Полевые транзисторы с изолированным затвором.
– Усилительные свойства полевых транзисторов.
– Работа полевых транзисторов в импульсном режиме.
– Диодные, триодные и симметричные тиристоры.
– Основные статические и динамические параметры тиристоров.
– Способы управления тиристорами.
– Электронно-дырочный переход в равновесном и неравновесном состояниях.
– Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода.
– Выпрямительные диоды.
– Диоды Шоттки.
– Стабилитроны.
– Распределение стационарных потоков носителей заряда в биполярном транзисторе.
– 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.
– Структуры металл-диэлектрик-полупроводник.
– Гетеропереходы.
– Расчет полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.
– Расчет полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом.

3.7 Темы лабораторных работ

– Исследование статических характеристик биполярного транзистора
– Исследование полевого транзистора с управляющим p-n-переходом

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Шангин А.С. Твердотельные приборы и устройства: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Шангин А.С. - Томск: ТУСУР, 2012. - 156 с. [Электронный ресурс]. - https://edu.tusur.ru/publications/2438

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

Согласована на портале № 20283

4.2. 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.)

4.3. 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.)

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. ELIBRARY.RU [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. - Режим доступа: http://elibrary.ru

Согласована на портале № 20283