

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

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1сбсfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электроника и электронные приборы

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**

Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль): **Радиозлектронные системы космических комплексов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	70	70	часов
5	Самостоятельная работа	38	38	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 4 семестр

Томск 2017

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 11 августа 2016 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

профессор каф. ЭП

_____ Л. Н. Орликов

Заведующий обеспечивающей каф.

ЭП

_____ С. М. Шандаров

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

Декан РТФ

_____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.

РТС

_____ С. В. Мелихов

Эксперт:

доцент каф ЭП

_____ А. И. Аксенов

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Подготовка специалистов в области радиотехники, способных к решению задач в области электроники и электронных приборов.

Изучение дисциплины обеспечивает базовую подготовку для освоения последующих схемотехнических курсов

1.2. Задачи дисциплины

- изучение физических эффектов и процессов, положенных в основу принципа действия полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, используемых в устройствах современных радиоэлектронных систем;
- изучение электрических и шумовых параметров и их взаимосвязи в различного вида электрических контактах, применяемых полупроводниковой электронике

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электроника и электронные приборы» (Б1.Б.17) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математика, Радиотехнические цепи и сигналы, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Радиоматериалы и радиокомпоненты, Электродинамика.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-6 готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- ПК-3 способностью осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; особенности физических процессов, происходящих на границе раздела различных сред; физический смысл основных параметров и характеристик электрических контактов различного вида в полупроводниковой электронике; влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики;
- **уметь** находить в справочной литературе значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) для оценки их влияния на параметры структур, объяснять принцип действия и связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур;
- **владеть** навыками составления эквивалентных схем основных структур; навыками работы с типовыми средствами измерений при экспериментальном определении основных параметров и статических характеристик изучаемых структур

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Аудиторные занятия (всего)	70	70
Лекции	36	36

Практические занятия	18	18
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	38	38
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	11	11
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	11	11
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

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
4 семестр						
1 Основы физики полупроводников.	12	2	4	8	26	ОПК-6, ПК-3
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-п переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	8	6	4	10	28	ОПК-6, ПК-3
3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник.	8	6	4	10	28	ОПК-6, ПК-3
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	4	2	0	3	9	ОПК-6, ПК-3
5 Физические основы электровакуумных приборов	4	2	4	7	17	ОПК-6, ПК-3
Итого за семестр	36	18	16	38	108	
Итого	36	18	16	38	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Основы физики полупроводников.	Зонная модель твердых тел. Классификация твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Проводимости n- и р-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полу-проводники	4	ОПК-6, ПК-3
	Концентрации носителей заряда в полупроводниках. Генерация и рекомбинация носителей. Равенство скоростей генерации и рекомбинации – условие термодинамического равновесия. Связь равновесных концентраций электронов и дырок в состоянии термодинамического равновесия. Условие электрической нейтральности. Плотность электрических уровней в зонах. Функция распределения Ферми–Дирака. Уровень Ферми. Положение уровня Ферми на зонных диаграммах собственного полупроводника и полупроводников с проводимостью n- и р-типа. Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и температуры. Распределение носителей в зонах по энергетическим уровням. Вырожденные полупроводники. Неравновесные носители заряда. Причины дополнительной генерации свободных носителей (избыточной концентрации). Рекомбинация носителей. Время жизни неравновесных носителей. Механизмы рекомбинации, межзонная и ступенчатая рекомбинация через центры рекомбинации (ловушки). Поверхностная рекомбинация. Эффективное время жизни носителей заряда.	4	
	Движение носителей в электрическом	4	

	<p>поле. Дрейфовая скорость, подвижность, плотность, дрейфового тока. Эффективная масса. Удельная проводимость. Диффузионное движение носителей. Плотность диффузионного тока. Коэффициент диффузии. Зависимость подвижности и коэффициента диффузии от типа носителей заряда и материала. Связь подвижности и коэффициента диффузии. Краткая характеристика термоэлектрических явлений (эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона), гальваномагнитного эффекта Холла и магниторезистивного эффекта</p>		
	Итого	12	
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	<p>Разновидности контактов в полупроводниковой электронике. Зонные диаграммы металла и полупроводника до контакта и структуры после контакта в состоянии равновесия. Работа выхода электронов и контактная разность потенциалов, распределение носителей заряда и поля. ВАХ. Условие получения омического контакта.</p>	3	ОПК-6, ПК-3
	<p>Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия. Энергетические зонные диаграммы в полупроводниках различной проводимости до создания перехода и после его образования. Контактная разность потенциалов, ее зависимость от типа полупроводникового материала, концентрации примесей и температуры. Ширина обедненной области. Неравновесное состояние р-n перехода. Прямое и обратное включение. Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного перехода и ее уравнение. Зависимость ВАХ от концентрации примесей и температуры. Параметры р-n перехода и его электрическая модель. Дифференциальное и статическое сопротивления. Барьерная и диффузионная емкости. Зависимость параметров от величины и знака напряжения (смещения). Причины, вызывающие инерционность процессов в устройствах использующих р-n переход.</p>	3	
	<p>Взаимодействующие переходы – основа биполярного транзистора. Варианты полярностей напряжения на переходах. Схемы включения с общей базой, об-</p>	2	

	<p>щим эмиттером и общим кол-лектором. Физические процессы при прямом включении эмиттерного и обратном коллекторного переходов, движение носителей через переходы и базовую область, коэффициенты инжекции, переноса, лавинного умножения, составляющие токов электродов, коэффициент передачи входного тока, математические связи токов электродов. Статическая модель Молла-Эберса – отражение процессов в переходах и взаимосвязи переходов. Возможность расчета токов электродов и статических характеристик структуры в любых режимах работы и схемах включения. Идеализированные характеристики, отражение эффекта модуляции толщины базовой области (эффект Эрли) на статических характеристиках структуры. Физические явления и факторы, обуславливающие инерционность структуры (частотные и импульсные свойства), отражение на электрической модели Молла-Эберса.</p>		
	Итого	8	
3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник.	Зонные диаграммы материалов до контакта и всей структуры МДП в состоянии термодинамического равновесия, эффект поля и возможности инверсии типа проводимости полупроводника. Понятие поверхностного потенциала. Емкость МДП-структуры	4	ОПК-6, ПК-3
	Физические основы управления током в приборах с МДП-структурой. Создание проводящего канала и дрейфового тока в нем (исток, сток): МДП-транзистор со встроенным и индуцированным каналом. Механизм управления величиной тока в канале. Пороговое напряжение, напряжение отсечки, напряжение насыщения, идеализированные статические характеристики	2	
	Физические основы управления током канала с помощью управляющего электрического перехода. Влияние напряжения на управляющем переходе на процессы в канале при использовании р-п перехода. Идеализированные статические характеристики структур с управляющим переходом	2	
	Итого	8	

4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Фотоэлектрические и пьезоэлектрические явления в полупроводниках . Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Взаимодействие света с носителями заряда в р-п переходе, фотодетектор-ный режим, фотоэдс. Вольтамперная характеристика и параметры. Понятие о прямом и обратном пьезоэлектрическом эффекте в полупроводниках	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
5 Физические основы электровакуумных приборов	Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термоэлектронная, вторичная электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Принцип электростатического управления плотностью электронного потока в электронных лампах. Магнитное и электрическое управление положением луча в электронно-лучевых приборах. Физические процессы в газоразрядных приборах. Вакуумные СВЧ- приборы.	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		4	
		36	

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
Предшествующие дисциплины					
1 Математика	+	+	+	+	+
2 Радиотехнические цепи и сигналы	+	+	+	+	+
3 Физика	+	+	+	+	+
Последующие дисциплины					
1 Радиоматериалы и радиокомпоненты	+	+	+	+	+
2 Электродинамика	+	+	+	+	+

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

	Виды занятий	Формы контроля
--	--------------	----------------

Компетенции	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ОПК-6	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию
ПК-3	+	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию

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
4 семестр			
1 Основы физики полупроводников.	Исследование статических характеристик диодов	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-п переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	Исследование статических характеристик биполярных транзисторов	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник.	Исследование характеристик полевых транзисторов	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
5 Физические основы электровакуумных приборов	Исследование электронно-лучевой трубки со статическим и магнитным управлением	4	ОПК-6, ПК-3
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

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
4 семестр			
1 Основы физики полупроводников.	Расчет статических вольтамперных характеристик диодов.	2	ОПК-6, ПК-3
	Итого	2	
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-п переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода	2	ОПК-6, ПК-3
	Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода	2	
	Расчет статических вольтамперных характеристик биполярных транзисторов	2	
	Итого	6	
3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник.	Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения	2	ОПК-6, ПК-3
	Расчет вольтамперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре	2	
	Расчеты статических характеристик транзисторов применительно к индивидуальному заданию	2	
	Итого	6	
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Расчет параметров схем с фото приборами (фотодиодами, светодиодами, оптопарами и др)	2	ОПК-6, ПК-3
	Итого	2	
5 Физические основы электровакуумных приборов	Расчет движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях	2	ОПК-6, ПК-3
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля

4 семестр					
1 Основы физики полупроводников.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-6, ПК-3	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Экзамен	
	Проработка лекционного материала	1			
	Проработка лекционного материала	1			
	Проработка лекционного материала	1			
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4			
	Итого	8			
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (р-п переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-6, ПК-3	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Экзамен	
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1			
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1			
	Проработка лекционного материала	1			
	Проработка лекционного материала	1			
	Проработка лекционного материала	1			
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4			
	Итого	10			
3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-6, ПК-3	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Экзамен	
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1			
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1			
	Проработка лекционного материала	1			
	Проработка лекционного материала	1			
	Проработка лекционного материала	1			

	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	10		
4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-6, ПК-3	Отчет по практическому занятию, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
5 Физические основы электровакуумных приборов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-6, ПК-3	Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Экзамен
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
Итого за семестр		38		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		74		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
4 семестр				
Отчет по индивидуальному заданию			10	10
Отчет по лабораторной работе	12	12	12	36
Отчет по практическому занятию	8	8	8	24
Итого максимум за период	20	20	30	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	20	40	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
65 - 69		
3 (удовлетворительно) (зачтено)	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Электроника : Учебное пособие для вузов / В. М. Ицкович ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Издательство Томского университета, 2006. - 358[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 356. - ISBN 5-94621-191-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 113 экз.)

2. Электроника [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Ф. Коновалов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : В-Спектр, 2011. - 276 с. : ил. - Библиогр.: с. 275. - ISBN 978-5-91191-234-1 (наличие в библиотеке ТУСУР - 72 экз.)

3. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. - 488 с. : ил. - (Технический университет). - Библиогр.: с. 419. -Предм. указ.: с. 488. - ISBN 5-93208-045- (наличие в библиотеке ТУСУР - 224 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Электроника и микропроцессорная техника : Учебник для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. - 4-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 2006. - 797[3] с. : ил., табл. - (Для высших учебных заведений. Электронная техника). - Библиогр.: с. 786-787. - ISBN 5-06-005680-5 (наличие в библиотеке ТУСУР - 78 экз.)

2. Основы микроэлектроники : / Н. А. Аваев, Ю. Е. Наумов, В. Т. Фролкин. - М. : Радио и связь, 1991. - 288 с. : ил. - Библиогр.: с. 283-284. - Предм. указ.: с. 285-286. - ISBN 5-256-00692-4 : 02.00 (наличие в библиотеке ТУСУР - 87 экз.)

3. Технология материалов электронной техники : Учебное пособие / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 151[1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 98 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование полупроводниковых диодов: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4158>, дата обращения: 02.05.2017.
2. Изучение статических характеристик биполярного транзистора: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Агафонников В. Ф. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1299>, дата обращения: 02.05.2017.
3. Исследование статических характеристик полевого транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4160>, дата обращения: 02.05.2017.
4. Исследование электронно-лучевой трубки с магнитным управлением: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 "Электроника и нанoeлектроника", профиль: "Квантовая и оптическая электроника"; Электронные приборы и устройства / Злобина А. Ф., Аксенов А. И. - 2014. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4054>, дата обращения: 02.05.2017.
5. Электронно-лучевая трубка с электростатическим управлением: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 "Электроника и нанoeлектроника", профиль: "Квантовая и оптическая электроника"; Электронные приборы и устройства / Злобина А. Ф., Аксенов А. И. - 2014. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4053>, дата обращения: 02.05.2017.
6. Задачник по электровакуумным и полупроводниковым приборам : учебное пособие для вузов / В. А. Терехов. - М. : Энергия, 1971. – 126 [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 126-127 (к практическим занятиям) (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)
7. Задачник по электронным приборам : Учебное пособие для вузов / Владимир Анатольевич Терехов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 276, [4] с. : ил. - Библиогр.: с. 276-277 (к практическим занятиям) (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)
8. Электроника 1. Физические основы электроники: Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н., Давыдов В. Н. - 2014. 91 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4161>, дата обращения: 02.05.2017.
9. Электроника 1. Физические основы электроники: Методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н. - 2014. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4162>, дата обращения: 02.05.2017.
10. Электроника 2. Электронные приборы: Методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4157>, дата обращения: 02.05.2017.
11. Исследование тиратронов тлеющего разряда: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 "Электроника и нанoeлектроника", профиль: "Квантовая и оптическая электроника" / Злобина А. Ф., Аксенов А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4056>, дата обращения: 02.05.2017.
12. Исследование фотоэлектронных приборов: Методические указания к лабораторной работе / Аксенов А. И. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3536>, дата обращения: 02.05.2017.

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. библиотека, научно- образовательный портал университета

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 126 РК, 237 ФЭТ, 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, 5 этаж, ауд. 515. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1 шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -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. 76, 3 этаж, ауд. 313. 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, 47, 1 этаж, ауд. 126. 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 ауди-

тория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов 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 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.

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:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

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

Электроника и электронные приборы

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**

Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2016 года

Разработчик:

– профессор каф. ЭП Л. Н. Орликов

Экзамен: 4 семестр

Томск 2017

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-3	способностью осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	<p>Должен знать физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; особенности физических процессов, происходящих на границе раздела различных сред; физический смысл основных параметров и характеристик электрических контактов различного вида в полупроводниковой электронике; влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики; ;</p> <p>Должен уметь находить в справочной литературе значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) для оценки их влияния на параметры структур, объяснять принцип действия и связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур; ;</p> <p>Должен владеть навыками составления эквивалентных схем основных структур; навыками работы с типовыми средствами измерений при экспериментальном определении основных параметров и статических характеристик изучаемых структур ;</p>
ОПК-6	готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	

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 решении 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-3

ПК-3: способностью осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.

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	теоретические основы структурных, функциональных и принципиальных схем РПУ цифрового и аналогового радиовещания различных диапазонов частот, и основы проектирования применением современных САПР и пакетов прикладных программ для схемотехнического анализа и численного вычисления.	применять практические и творческие решения для разработки структурных, функциональных и принципиальных схем РПУ и их узлов, в соответствии с ТЗ, а также проектировать РПУ с применением САПР и пакетов прикладных программ для схемотехнического анализа и численного вычисления	навыками работы и проводить оценку с обоснованием работы структурных, функциональных и принципиальных схем РПУ и их узлов, а также владеть знаниями проектирования РПУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен; 	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен; 	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> Знает основные принципы проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ; 	<ul style="list-style-type: none"> свободно разрабатывать и проектировать конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ; 	<ul style="list-style-type: none"> Свободно владеет навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> Имеет представление об основных принципах проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ; 	<ul style="list-style-type: none"> самостоятельно разрабатывать и проектировать конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ; 	<ul style="list-style-type: none"> частично владеет навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> Даёт определения основным принципам проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; 	<ul style="list-style-type: none"> показывает недостаточные навыки разработки и проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ; 	<ul style="list-style-type: none"> демонстрирует неполное, недостаточное владение навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;

2.2 Компетенция ОПК-6

ОПК-6: готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

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	Современные тенденции построения и функционирования радионавигационных систем и комплексов; сигналы и требования, предъявляемые к характеристикам сигналов, используемых в радионавигационных системах и комплексов; методы навигационных измерений; влияние внешних факторов, определяющих точность измерений; современные тенденции развития электроники;	использовать основные приемы обработки экспериментальных данных; учитывать современные тенденции развития электроники и измерительной техники в своей профессиональной деятельности	терминологией в области радионавигационных систем и комплексов; информацией о современной тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в разработке радионавигационных систем ; навыками поиска информации

	троники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.		
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен; 	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен; 	<ul style="list-style-type: none"> • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;

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)	<ul style="list-style-type: none"> • содержание специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы»; основы и методы радиоэлектронных систем связи, радиолокации, радионавигации и управления наземного и аэрокосмического базирования, включая вопросы хранения и обработки информации в этих системах; основы научных исследований и проектирования в области радиоэлектронных систем ; 	<ul style="list-style-type: none"> • свободно учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности ; 	<ul style="list-style-type: none"> • свободно разными способами учета современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в разработке радионавигационных систем ;
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> • основы и методы радиоэлектронных систем связи, радиолокации, радионавигации и управления наземного и аэрокосмического базирования, включая вопросы хранения и обработки информации в 	<ul style="list-style-type: none"> • корректно выразить и аргументированно обосновывать положения предметной области знания ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Частично разными способами учета современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в разработке радионавигационных си-

	этих системах; основы научных исследований и проектирования в области радиоэлектронных систем ;		стем ;
Удовлетворительный (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> основные направления тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники; 	<ul style="list-style-type: none"> иметь представление в вопросах методологии и проблем построения современных радиоэлектронных систем; 	<ul style="list-style-type: none"> представлением о технической информации по тематике исследования ;

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 Темы индивидуальных заданий

– Разработать схему устройства для конкретного применения, содержащую диод, транзистор, оптопару, коммутирующий прибор. Математически обосновать параметры и режимы работы устройства в различных погодных условиях, и действии ионизирующих излучений

3.2 Экзаменационные вопросы

- Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника.
- Компенсированные полупроводники
- Функция распределения Ферми–Дирака.
- Зависимость положения уровня Ферми от концентрации примесей и температуры.
- Механизмы рекомбинации, межзонная и ступенчатая рекомбинация
- Движение носителей в электрическом поле. Дрейфовая скорость, подвижность, плотность, дрейфового тока.
- Работа выхода электронов и контактная разность потенциалов
- Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия.
- Неравновесное состояние p-n перехода
- Параметры p-n перехода и его электрическая модель
- Схемы включения с общей базой, общим эмиттером и общим коллектором, физические процессы
- Статическая модель Молла-Эберса
- эффект Эрли
- Зонные диаграммы материалов до контакта и всей структуры МДП в состоянии термодинамического равновесия
- МДП-транзистор со встроенным и индуцированным каналом. Механизм управления величиной тока в канале.
- Фотопроводимость (внутренний фотоэффект).
- эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона
- Виды эмиссии
- Управление током электронного луча и положением луча в электронно-лучевых приборах
- Физические процессы в газоразрядных приборах.

3.3 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

- Расчет статических вольтамперных характеристик диодов.
- Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода
- Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряже-

ния

- Расчет вольтамперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре
- Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода
- Расчет статических вольтамперных характеристик биполярных транзисторов
- Расчет параметров схем с фото приборами (фотодиодами, светодиодами, оптопарами и др)
- Расчет движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях

3.4 Темы лабораторных работ

- Исследование статических характеристик диодов
- Исследование статических характеристик биполярных транзисторов
- Исследование характеристик полевых транзисторов
- Исследование электронно-лучевой трубки со статическим и магнитным управлением

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 формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Электроника : Учебное пособие для вузов / В. М. Ицкович ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Издательство Томского университета, 2006. - 358[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 356. - ISBN 5-94621-191-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 113 экз.)
2. Электроника [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Ф. Коновалов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : В-Спектр, 2011. - 276 с. : ил. - Библиогр.: с. 275. - ISBN 978-5-91191-234-1 (наличие в библиотеке ТУСУР - 72 экз.)
3. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. - 488 с. : ил. - (Технический университет). - Библиогр.: с. 419. - Предм. указ.: с. 488. - ISBN 5-93208-045- (наличие в библиотеке ТУСУР - 224 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Электроника и микропроцессорная техника : Учебник для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. - 4-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 2006. - 797[3] с. : ил., табл. - (Для высших учебных заведений. Электронная техника). - Библиогр.: с. 786-787. - ISBN 5-06-005680-5 (наличие в библиотеке ТУСУР - 78 экз.)
2. Основы микроэлектроники : / Н. А. Аваев, Ю. Е. Наумов, В. Т. Фролкин. - М. : Радио и связь, 1991. - 288 с. : ил. - Библиогр.: с. 283-284. - Предм. указ.: с. 285-286. - ISBN 5-256-00692-4 : 02.00 (наличие в библиотеке ТУСУР - 87 экз.)
3. Технология материалов электронной техники : Учебное пособие / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 151[1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 98 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Исследование полупроводниковых диодов: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4158>, свободный.
2. Изучение статических характеристик биполярного транзистора: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Агафонников В. Ф. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1299>, свободный.

3. Исследование статических характеристик полевого транзистора: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Арестов С. И., Шангин А. С. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4160>, свободный.
4. Исследование электронно-лучевой трубки с магнитным управлением: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 "Электроника и нанoeлектроника", профиль: "Квантовая и оптическая электроника"; Электронные приборы и устройства / Злобина А. Ф., Аксенов А. И. - 2014. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4054>, свободный.
5. Электронно-лучевая трубка с электростатическим управлением: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 "Электроника и нанoeлектроника", профиль: "Квантовая и оптическая электроника"; Электронные приборы и устройства / Злобина А. Ф., Аксенов А. И. - 2014. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4053>, свободный.
6. Задачник по электровакуумным и полупроводниковым приборам : учебное пособие для втузов / В. А. Терехов. - М. : Энергия, 1971. – 126 [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 126-127 (к практическим занятиям) (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)
7. Задачник по электронным приборам : Учебное пособие для вузов / Владимир Анатольевич Терехов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 276, [4] с. : ил. - Библиогр.: с. 276-277 (к практическим занятиям) (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)
8. Электроника 1. Физические основы электроники: Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н., Давыдов В. Н. - 2014. 91 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4161>, свободный.
9. Электроника 1. Физические основы электроники: Методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н. - 2014. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4162>, свободный.
10. Электроника 2. Электронные приборы: Методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4157>, свободный.
11. Исследование тиратронов тлеющего разряда: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 "Электроника и нанoeлектроника", профиль: "Квантовая и оптическая электроника" / Злобина А. Ф., Аксенов А. И. - 2014. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/4056>, свободный.
12. Исследование фотоэлектронных приборов: Методические указания к лабораторной работе / Аксенов А. И. - 2013. 17 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3536>, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. библиотека, научно- образовательный портал университета