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

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

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

Согласована на портале № 19238

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 58 от « 8 » 2 2017 г.

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

Согласована на портале № 19238

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

Согласована на портале № 19238

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 (p-n 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	

Согласована на портале № 19238

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 p-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полу-проводники	4	ОПК-6, ПК-3
	Концентрации носителей заряда в полупроводникахГенерация 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 p-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	

Согласована на портале № 19238

	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		
	Итого	12	
2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	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.	3	ОПК-6, ПК-3
	Электронно-дырочный переход в состоянии равновесия. Энергетические зонные диаграммы в полупроводниках раз-личной проводимости до создания перехода и после его об-разования. Контактная разность потенциалов, ее зависимость от типа полупроводникового материала, концентрации примесей и температуры. Ширина обедненной области.Неравновесное состояние p-n перехода. Прямое и обратное включение. Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного перехода и ее уравнение. Зависимость ВАХ от концентрации примесей и температуры.Параметры p-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 p-n переход.	3	
	Взаимодействующие переходы – основа биполярного тран-зистора.Варианты полярностей напряжения на переходах. Схемы включения с общей базой, об-	2	

Согласована на портале № 19238

	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.		
	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 p-n перехода. Идеализирован-ные статические характеристики структур с управляющим переходом	2	
	Итого	8	

Согласована на портале № 19238

4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	Фотоэлектрические и пьезоэлектрические явления в полупроводниках . Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Взаимодействие света с носителями заряда в p-n 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		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

Согласована на портале № 19238

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 (p-n 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.

Согласована на портале № 19238

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 (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).	Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концен¬трации 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

Согласована на портале № 19238

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 (p-n 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		

Согласована на портале № 19238

	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.

Согласована на портале № 19238

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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	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.)

Согласована на портале № 19238

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 наноэлектроника", 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 наноэлектроника", 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 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, 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 наноэлектроника", 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:

Согласована на портале № 19238

– 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 - 1шт.; 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-

Согласована на портале № 19238

тория, 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.

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.

Согласована на портале № 19238

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.

Согласована на портале № 19238

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

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

Согласована на портале № 19238

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	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;; 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; ; Должен владеть навыками составления эквивалентных схем основных структур; навыками работы с типовыми средствами измерений при экспериментальном определении основных параметров и статических характеристик изучаемых структур ;
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

Согласована на портале № 19238

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	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;

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

Согласована на портале № 19238

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает основные принципы проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;	• свободно разрабатывать и проектировать конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;	• Свободно владеет навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;
Хорошо (базовый уровень)	• Имеет представление об основных принципах проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;	• самостоятельно разрабатывать и проектировать конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;	• частично владеет навыками проектирования конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Даёт определения основным принципам проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;	• показывет недостаточные навыки разработки и проектирования конструкции электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;	• 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 принципы построения и функционирования радионавигационных систем и комплексов; сигналы и требования, предъявляемые к характеристикам сигналов, используемых в радионавигационных систем и комплексов; методы навигационных измерений; влияние внешних факторов, определяющих точность измерений; современные тенденции развития элек-	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

Согласована на портале № 19238

	троники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.		
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Экзамен;	• 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)	• 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 ;	• свободно учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности ;	• свободно разными способами учета современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в разработке радионавигационных систем ;
Хорошо (базовый уровень)	• основы и методы радиоэлектронных систем связи, радиолокации, радионавигации и управления наземного и аэрокосмического базирования, включая вопросы хранения и обработки информации в	• корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания ;	• Частично разными способами учета современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в разработке радионавигационных си-

Согласована на портале № 19238

	этих системах; основы научных исследований и проектирования в области радиоэлектронных систем ;		стем ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные направления тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники;	• иметь представление в вопросах методологии и проблем построения современных радиоэлектронных систем;	• 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 концен¬трации примеси в одной из областей перехода
– Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряже-

Согласована на портале № 19238

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 фор-мирования 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.

Согласована на портале № 19238

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 наноэлектроника", 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 наноэлектроника", 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 наноэлектроника", 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

Согласована на портале № 19238