Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

_____ П.Е. Троян

«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Микроэлектроника сверхвысоких частот»

Уровень основной образовательной программы _____Бакалавриат_____

Направление подготовки 11.03.01 – Радиотехника

Профиль «Микроволновая техника и антенны»

Форма обучения_____очная_____

Факультет _____Радиотехнический_____

Кафедра _____ СВЧиКР (Сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники)

Курс ____четвёртый_____ **Семестр** __седьмой_____

Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 7	Всего	Единицы
1.	Лекции	24	24	часов
2.	Практические занятия	18	18	часов
3.	Лабораторные работы	16	16	
4.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)	58	58	часов
5.	Из них в интерактивной форме	14	14	часов
6.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	86	86	часов
7.	Всего (без экзамена)	144	144	часов
	(в зачётных единицах)	4	4	

Зачёт: седьмой семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 12353

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 5 от « 22 » 12 2016 г.

Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника (уровень бакалавриата)», утвержденного 06 03 2015 г. № 179, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СВЧиКР «28» апреля 2016 г., протокол № 8.

Разработчик доцент каф. СВЧиКР _____ Загородний А.С.
(должность, кафедра) (подпись) (Ф.И.О.)

Зав. кафедрой СВЧиКР _____ Шарангович С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами.

Декан РТФ, доцент _____ К.Ю. Попова

Зав. профилирующей
кафедрой РЗИ, проф. _____ А.С. Задорин

Зав. выпускающей
кафедрой СВЧиКР, проф. _____ С.Н. Шарангович

Эксперты:

ТУСУР, каф. ТОР доцент _____ С.И. Богомолов
(место работы, занимаемая должность) (подпись) (инициалы, фамилия)

ТУСУР, каф. СВЧиКР, проф. _____ А.Е. Мандель

Согласована на портале № 12353

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Микроэлектроника сверхвысоких частот» является подготовка бакалавров в области проектирования монолитных интегральных схем СВЧ диапазона

Задачами дисциплины являются изучение:

- основных технологических операций производства гибридных и монолитных интегральных схем;
- конструкций основных компонентов на планарных структурах;
- описания устройств СВЧ посредством матричного аппарата;
- методов проектирования отдельных элементов и топологий монолитных интегральных схем;
- основных способов корпусирования интегральных схем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Б3.Б.13 - базовая часть профессионального цикла.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- основные микроэлектроники (ПК-5);

уметь:

- проводить математические расчёты функциональных узлов интегральных схем с целью улучшения их параметров, выполнять компьютерное моделирование отдельных элементов и топологий интегрированных схем (ПК-5);

владеть:

- принципами проектирования микроэлектронных устройств различного функционального назначения с использованием средств автоматизированного проектирования (ПК-5).

4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4** зачётных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
Аудиторные занятия (всего)	**60**	**60**
в том числе:		
Лекции	24	24
Лабораторные работы	16	16
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	**86**	**86**
в том числе:		
Проработка теоретического материала.	26	26

Согласована на портале № 12353

Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам.	24	24
Выполнение индивидуальных заданий, подготовка отчётов и кратких докладов	36	36
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Зачётные единицы трудоёмкости	**4**	**4**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практ. занятия	Самостоятельная работа	Всего3333 часов	Формируемые ком-петенции (ОПК, ПК)
1	Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	2	4	3	9	ПК-5
2	Полупроводниковые переходы и контакты.	2	0	1	3	ПК-5
3	Технологические основы микроэлектроники.	4	0	2	6	ПК-5
4	Элементы интегральных схем.	4	8	7	19	ПК-5, ОПК-7
5	Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	2	3	9	14	ОПК-7
6	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	2	6	6	14	ОПК-7
7	Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	2	4	5	11	ПК-5
8	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	4	5	11	20	ПК-5
9	Компьютерное моделирование интегральных схем	2	6	4	12	ОПК-7
Итого		**24**	**36**	**48**	**108**	

Согласована на портале № 12353

5.2. Содержание разделов лекционного курса

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоёмкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
1	Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	Полупроводники, применяемые в высокочастотной электронике. Носители заряда, энергетические уровни и зоны. Распределение носителей в зонах проводимости.	2	ПК-5, ОПК-7
2	Полупроводниковые переходы и контакты.	Электронно-дырочные переходы. Контакт полупроводник-металл, граница полупроводник-диэлектрик.	2	
3	Технологические основы микроэлектроники.	Подготовительные операции. Литография, эпитаксия, легирование. Техника масок, нанесение тонких плёнок.	4	
4	Элементы интегральных схем.	Способы изготовления активных и реактивных нагрузок в интегральных схемах СВЧ. Краткие сведения по созданию нелинейных элементов.	4	
5	Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	11рименение диаграммы Вольперта- Смита к расчёту, проектированию и анализу СВЧ устройств. Способы расчёта и построения согласующих цепей.	2	
6	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Основы расчётов согласующих цепей. Фильтры нижних и верхних частот, режек- торные и полосовые фильтры.	2	
7	Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Пассивные нагрузки. Основы проектирования аттенюаторов Т- и П-типов, резистивных делителей мощности и сплиттеров.	2	
8	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Применение нелинейных элементов в микроэлектронике. Полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы разных типов.	4	
9	Компьютерное моделирование интегральных схем	Обзор систем автоматизированного проектирования радиотехнических устройств СВЧ. Применение методов электромагнитного анализа.	2	

Согласована на портале № 12353

5.3 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины										
1	Физика	+	+						+	
2	Радиотехнические цепи и сигналы					+	+			
	Математический анализ						+			
Последующие дисциплины										
1	Измерения в СВЧ микроэлектронике				+			+	+	
2	Технологии и системы автоматизированных измерений на СВЧ							+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Л	ЛР	П	СРС	Формы контроля
ПК-5	+	+		+	Опрос на лекциях, самостоятельные работы, практические занятия, контрольные работы, зачёт
ОПК-7		+	+	+	Лабораторные работы, практические занятия, зачёт

Л – лекция, ЛР – лабораторная работа, П – практика, СРС – самостоятельная работа студента.

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе и с учётом требований к объёму занятий в интерактивной форме.

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
Решение ситуационных задач		2	2
Презентации с использованием слайдов с обсуждением	5		5
Работа в команде	3		3
Презентации с использованием видеофильмов с обсуждением		2	2
Презентации с использованием слайдов с обсуждением		2	2
Итого интерактивных занятий	8	6	**14**

Согласована на портале № 12353

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-ёмкость (час.)	ОК, ПК
7	Исследование температурной зависимости электропроводности примесных полупроводников	4	ПК-5, ОПК-7
9	Измерение концентрации носителей заряда в полупроводниках методом термо-ЭДС	4	
9	Измерение концентрации и подвижности носителей заряда методом Холла	4	
8	Изучение эффекта Пельтье в полупроводниках	4	

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№	Наименование разделов	Содержание практических работ	Трудо-емкость	Форми-руемые компе-тенции
1	Полупроводники в радиотех-нике. Структура и физиче-ские процессы.	Переход металл-полупроводник, р-п- переход. Энергетические уровни и зоны.	4	ПК-5, ОПК-7
2	Элементы интегральных схем.	Матрица рассеяния и её применение в СВЧ электро-технике. Выполнение расчетных заданий по реак-тивным цепям.	4	
3	Элементы интегральных схем.	Микрополосковые, щелевые и копланарные линии передачи. Выполнение расчетных заданий.	4	
4	Методы узкополосного и широкополосного согласова-ния интегральных схем.	Решение задач с применением диаграммы Вольперта-Смита. Примеры широкополосного согласования устройств.	3	
5	Расчёт и проектирование согласующих цепей и филь-тров.	Выполнение индивидуальных заданий по расчёту и моделированию фильтров СВЧ.	4	
6	Расчёт и проектирование согласующих цепей и филь-тров.	Контрольная работа.	2	
7	Пассивные устройства СВЧ, Нагрузки, аттенюаторы, де-лители мощности, сплитте-ры.	Решение задач построения пассивных цепей. Работа в малых группах по расчёту и моделированию пассивных устройств.	4	
8	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлек-тронике	Схемы с применением диодов и транзисторов. Расчётные задания.	5	
9	Компьютерное моделирова-ние интегральных схем	Работа по индивидуальным заданиям в САПР.	6	

Согласована на портале № 12353

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование разделов	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудоёмкость (час.)	Компетенции ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1	Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	Проработка лекционного материала	1	ПК-5	Опрос па занятиях, посещение занятий
2	Полупроводниковые переходы и контакты.	Проработка лекционного материала	1	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий
3	Технологические основы микроэлектроники .	Проработка лекционного материала	2	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий
4	Элементы интегральных схем.	Выполнение домашних заданий	3	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий
5	Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Проработка лекционного материала	2	ПК-5, ОПК-7	Опрос на занятиях, посещение занятий
6	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Подготовка к контрольным работам	2	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий, контрольная работа
7	Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Проработка лекционного материала	1	ПК-5, ОПК-7	Опрос на занятиях, посещение занятий
8	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Проработка лекционного материала	3	ПК-5, ОПК-7	Опрос на занятиях, посещение занятий
9	Компьютерное моделирование интегральных схем	Выполнение индивидуальных заданий	4	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий
10	Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-5	Опрос на занятиях
11	Элементы интегральных схем.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий
12	Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-5	Опрос на занятиях, отчет по индивидуальному заданию.
13	Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Выполнение домашних заданий	3	ПК-5	Опрос на занятиях, отчет по индивидуальному заданию, посещение занятий
14	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Выполнение домашних заданий	4	ПК-5, ОПК-7	Опрос на занятиях. Отчет по индивидуальному заданию, посещение занятий
15	Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Выполнение домашних заданий	4	ПК-5, ОПК-7	Опрос на занятиях, посещение занятий
16	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий
17	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Выполнение индивидуальных заданий	5	ПК-5, ОПК-7	Опрос на занятиях, отчет по индивидуальному заданию, посещение занятий

Согласована на портале № 12353

Согласована на портале № 12353

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Не предусмотрены учебным планом

11. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

МЕТОДИКА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости, которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга.

Правила формирования пятибалльных оценок за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$KTx\big|_{x=1,2} = \frac{(Сумма_баллов, _набранная_к_КТх)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}$$

Итоговый контроль освоения дисциплины осуществляется на зачёте. Обязательным условием перед сдачей зачёта является выполнение индивидуальных заданий и самостоятельных работ. Билет для сдачи зачёта содержит два вопроса.

Таблица 11.1 Распределения баллов в семестре

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	4	3	3	**10**
Контрольная работа -1	6	0	0	**6**
Выполнение расчётных заданий по темам практических занятий	6	5	5	**16**
Контрольная работа -2	0	0	6	**6**
Выполнение и защита лабораторных работ	0	16	4	**20**
Компонент своевременности	4	4	4	**12**
Итого максимум за период:	**20**	**28**	**22**	**70**
Сдача экзамена (максимум)				**30**
Нарастающим итогом	**20**	**48**	**70**	**100**

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

Согласована на портале № 12353

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1. Основная литература

1. Легостаев, Н. С. Учебное пособие «Микроэлектроника»: Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Профиль: «Промышленная электроника» [Электронный ресурс] / Легостаев Н. С. — Томск: ТУСУР, 2013. — 172 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4280.

2. Смирнов, Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники. [Электронный ресурс] / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 496 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/12948.

3. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744с. (10 экз.).

12.2. Дополнительная литература

1. Троян, П. Е. Микроэлектроника: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Троян П. Е. — Томск: ТУСУР, 2007. — 349 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/539.

2. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов/ И. П. Степаненко. - М : Советское радио, 1980. – 423с. (64 экз.)

3. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (20 экз.)

4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (18 экз.)

5. Маттей Д. Л. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи/ Д. Л. Маттей, Л. Янг, Е. М. Т. Джонс// пер с англ.,ред.: Л. В. Алексеев, Ф. В. Кушнир. - М. : Связь, 1972. - Т. 1. - 438 с. (11 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1 Обязательные учебно-методические пособия

1. Легостаев, Н. С. Микроэлектроника: Методические указания по изучению дисциплины [Электронный ресурс] / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. — Томск: ТУСУР, 2015. — 90 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5587. (Учебно-методическое пособие для практических занятий).

2. Саврук Е. В., Физика полупроводников: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов направлений подготовки 11.03.04 «электроника и наноэлектроника», профиль «микроэлектроника и твердотельная электроника», 28.03.01 «нанотехнологии и микросистемная техника», профиль «нанотехнологии в электронике и микросистемной технике» [Электронный ресурс] / Саврук Е. В., Каранский В. В., Смирнов С. В. — Томск: ТУСУР, 2016. — 37 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6278.

3. Устройства СВЧ и антенны[Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов/ Г. Г. Гошин– Томск: ТУСУР, 2010. – 42 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/7

4. Легостаев, Н. С. Вопросы для самоконтроля: По дисциплине «Микроэлектроника»

Согласована на портале № 12353

[Электронный ресурс] / Легостаев Н. С. — Томск: ТУСУР, 2014. — 16 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4273. (учебно-методическое пособие для самостоятельной работы).

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. При обучении используются базы данных периодических изданий и ресурсы Интернета, такие как: Википедиа, Google и Yandex.

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

13.1 Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

Для **проведения занятий** лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются учебные аудитории, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованные доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

Автоматизированные рабочие места для расчёта и моделирования устройств СВЧ и антенн расположены в лаборатории ГПО «СВЧ электроника» (ауд. 324, РТК).

Для **самостоятельной работы** используется учебная аудитория (компьютерный класс) ауд.337-Б. Состав оборудования: Учебная мебель; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1егоп D336 2.8ГГц. - 10 шт.; Компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Согласована на портале № 12353

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

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

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

При обучении студентов с нарушениями зрениями предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

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

14. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Объём часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только наиболее важные моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным и практическим занятиям, к контрольной работе или коллоквиуму. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии познакомить их с основными положениями и требованиями рабочей программы, с подлежащими изучению темами, списком основной и дополнительной литературы, с положениями балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности. В учебном процессе применяются интерактивные методы обучения для увеличения заинтересованности студентов и повышения их компетенций.

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 приведён в приложении к рабочей программе.

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

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья 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	Собеседование по вопросам к зачету,	Преимущественно устная

Согласована на портале № 12353

зрения	опрос по терминам	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.

Согласована на портале № 12353

Приложение к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П. Е. Троян
«___» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ
(наименование учебной дисциплины)

Уровень основной образовательной программы **БАКАЛАВРИАТ**
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление **11.03.01 «РАДИОТЕХНИКА»**
(номер.уровень, полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль **МИКРОВОЛНОВАЯ ТЕХНИКА И АНТЕННЫ**
(полное наименование профиля направления подготовки (специальности) из ПООП)

Форма обучения **ОЧНАЯ**
(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет **РТФ (РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ)**
(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра **СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ И КВАНТОВОЙ РАДИОТЕХНИКИ (СВЧиКР)**
(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс **4** **Семестр** **7**

Учебный план набора _2016_ года

Зачет _____7_____семестр **Диф. зачет _____ семестр**

Экзамен _____семестр

Разработчик:
Доцент каф. СВЧиКР, _____ А.С. Загородний
(подпись)

Томск 2016

Согласована на портале № 12353

1. Введение

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

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

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	*Должен знать:* • основные технологические операции производства монолитных и гибридных интегральных схем • требования и правила построения основных элементов электроники в интегральных схемах • физические процессы полупроводниковых устройств микроэлектроники *Должен уметь:* • проводить анализ схемотехнических решений и их исполнений в топологиях интегральных схем; • проектировать с применением САПР отдельные элементы и функциональные блоки интегральных схем СВЧ; • представлять результаты работы и исследований в виде научно-технических статей и отчётов; *Должен владеть:* • методами компьютерного моделирования устройств микроэлектроники; • теоретическими и экспериментальными методами исследования с целью освоения новых перспективных технологий полупроводниковых приборов; • средствами разработки и оформления различной проектной и технической документации.
ПК-5	способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем	

2. Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-7

Способность 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 2.

Таблица 2 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	• основные тенденции развития технологических операций производства интегральных схем; • методы проектирования и измерения технических характеристик микроэлектронных СВЧ-приборов.	• проводить анализ работы микроэлектронных устройств; • проектировать полупроводниковые микроэлектронные блоки.	• методами компьютерного моделирования топологий интегральных схем; • экспериментальными навыками работы с контрольно-измерительными приборами СВЧ-диапазона

Согласована на портале № 12353

Виды занятий	• лекции; • групповые консультации.	• практические занятия; • самостоятельная работа студента (индивидуальные задания)*.	• практические занятия; • самостоятельная работа студента (индивидуальные задания)*.
Используемые средства оценивания	• опрос на занятиях, • защита индивидуальных заданий	• контрольная работа; • защита индивидуальных заданий;	• контрольная работа; • защита индивидуальных заданий;

*** Самостоятельная работа студента:** Самостоятельное изучение тем. Доклад на конференции. Статья в научно-техническом издании.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведена в таблице 4.

Согласована на портале № 12353

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• знает различные технологии производства монолитных и гибридных интегральных схем; • самостоятельно может проводить анализ физических процессов работы основных микроэлектронных блоков; • знает современные тенденции развития микроэлектроники СВЧ.	• умеет применять полученные теоретические и практические навыки для оптимального синтеза новых перспективных устройств и компонентов СВЧ.	• уверенно владеет современными методами схемотехнического и трёхмерного моделирования интегральных схем; • навыками работы измерительным оборудованием СВЧ-диапазона.
Хорошо (базовый уровень)	• обладает знаниями принципов проектирования и изготовления элементов микроэлектроники; • может описать процесс работы основных полупроводниковых устройств.	• умеет моделировать и синтезировать сложные цифровые устройства.	• владеет навыками самостоятельной разработки топологий интегральных схем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• знает отдельные технологические процессы; • дает определения основных понятий микроэлектроники.	• способен моделировать и синтезировать простые цифровые устройства.	• владеет навыками моделирования работы компонентов и простых блоков микроэлектронной техники.

2.2 Компетенция ПК-5

Способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.

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

Согласована на портале № 12353

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	• физические процессы работы полупроводниковых микроэлектронных устройств • способы проведения экспериментальных исследований СВЧ-устройств	• самостоятельно проводить анализ технической документации полупроводниковой техники	• навыками сбора и анализа теоретических и экспериментальных результатов
Виды занятий	• лекции; • групповые консультации.	• практические занятия; • самостоятельная работа студента (индивидуальные задания)*.	• практические занятия; • самостоятельная работа студента (индивидуальные задания)*.
Используемые средства оценивания	• конспект.	• оформление отчетов и защита лабораторных работ; • защита индивидуальных заданий;	• защита индивидуальных заданий; • тест.

*** Самостоятельная работа студента:** Самостоятельное изучение тем. Доклад на конференции. Статья в научно-техническом издании.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	•	навыками экспериментальных исследований микроэлектронных устройств и обработки результатов измерений
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

Согласована на портале № 12353

Формулировка показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• физические процессы работы микроэлектронных устройств и основные математические соотношения для выполнения расчётов; • Методы расчёта и конструирования топологий монолитных и гибридных интегральных схем.	• проводить расчёты активных и пассивных цепей микроэлектронных устройств; • применять полученные теоретические навыки при конструировании электронных устройств; • может аргументированно доказать правильность представленных результатов и применить их на практике.	• уверенно владеет несколькими программами компьютерного моделирования; • навыками обработки экспериментальных данных.
Хорошо (базовый уровень)	• знает физические процессы работы микроэлектронных устройств; • основные принципы расчёта и проектирования интегральных схем.	• проводить расчёты активных и пассивных цепей микроэлектронных устройств; • корректно выражать свои мысли.	• навыками моделирования компонентов и топологий интегральных схем, включая трёхмерное моделирование; • обладает практическим опытом представления результатов работы.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• понимает основные закономерности микроэлектронных устройств; • понимает основные этапы проектирования интегральных схем	• проводить основные расчёты пассивных цепей микроэлектронных устройств.	• Основными навыками компьютерного моделирования компонентов интегральных схем.

3. Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы: 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 составе:

1. Практические занятия:

Темы практических занятий:

Практическое занятие № 1: Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.

Практическое занятие № 2: Элементы интегральных схем.

Практическое занятие № 3: Проектирование и моделирование пассивных элементов интегральных схем.

Практические занятия № 4: Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.

Согласована на портале № 12353

Практическое занятие № 5: Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.
Практическое занятие № 7: Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике.
Практические занятия № 8: Компьютерное моделирование топологий интегральных схем.

2. Контрольная работа

Типовые задания контрольных и самостоятельных работ:

1. Перечислить и схематично изобразить основные операции производства элементов интегральных схем: резисторов, конденсаторов, индуктивностей, диодов и транзисторов (отдельные варианты для учащихся);
2. Изобразить структуру полевого МДП-транзистора, эквивалентную схему, вольт-амперные характеристики;
3. Изобразить структуру биполярного транзистора, эквивалентную схему, вольт-амперные характеристики;
4. Изобразить варианты топологического исполнения резисторов, конденсаторов и индуктивностей в интегральных схемах;
5. Для R-L-C-цепи (индивидуально для каждого студента цепь не более, чем из 7 элементов) построить модуль коэффициента передачи и модуль коэффициента отражения. Изобразить на диаграмме Вольперта-Смита изменение коэффициента отражения на разных частотах (10 МГц, резонансная частота, 50 ГГц).
6. Задания самостоятельных работ:

6.1. Спроектировать и выполнить компьютерное моделирование в среде Advanced Design System 2015 микрополоскового фильтра СВЧ:

	Фильтр нижних частот	Полосопропускающий фильтр	Фильтр верхних частот
Частота среза (по уровню минус 3 дБ)	1 ГГц	Полоса пропускания: от 2 ГГц до 3 ГГц	4 ГГц
Допустимая неравномерность в полосе пропускания	2 дБ	1,5 дБ	2 дБ
Волновое сопротивление	50 Ом	50 Ом	50 Ом
	На частоте 1,2 ГГц обеспечить ослабление не менее 10 дБ.	На частоте 3 ГГц обеспечить затухание не менее 8 дБ.	На частоте 3,5 ГГц обеспечить затухание не менее 10 дБ.

6.2. В среде Advanced Design System 2015 выполнить моделирование топологии микрополосковой линии передачи с демонстрацией оптимизации основных параметров линии. Критерий для оптимизации – наилучшее согласование в полосе частот от 10 МГц до 40 ГГц.

6.3. Выполнить моделирование топологии пассивного делителя мощности СВЧ сигналов (делитель Вилькенсона) с заданным диапазоном рабочих частот (1 ГГц – 6 ГГц; 3 ГГц-9 ГГц; 8 ГГц – 12 ГГц).

Согласована на портале № 12353

3. Вопросы для получения зачёта:

1. Пояснить смысл понятия «микроэлектроника».
2. Основные преимущества приборов, выполненных на интегральных схемах по сравнению с приборами, выполненными на дискретных компонентах.
3. Каковы особенности схемотехнических решений в микроэлектронике.
4. Что такое интегральная схема?
5. Что такое основные и неосновные носители?
6. Нарисуйте энергетические зоны металла, полупроводника и диэлектрика. В чём их отличие?
7. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
8. Нарисуйте ВАХ идеализированного p-n-перехода.
9. Охарактеризуйте виды пробоя p-n-перехода.
10. Что такое барьер Шоттки?
11. Основные качества диода Шоттки и преимущества по сравнению с обычным p-n-переходом.
12. Основные схемы включения биполярных транзисторов.
13. Входная и выходная вольт-амперные характеристики биполярного транзистора.
14. Усилительный каскад с общим эмиттером. Пояснить причину инвертирования входного сигнала.
15. Усилительный каскад с общим эмиттером. Нарисовать схему и пояснить назначение каждого элемента.
16. Почему для изготовления большинства полупроводниковых приборов используются монокристаллические материалы?
17. Основные операции технологического процесса изготовления интегральных схем.
18. Какие типы корпусов интегральных схем вам знакомы? Основные отличия.
19. Что такое шариковые и балочные выводы?
20. Литография. Определение, назначение. Какие виды литографии вам знакомы
21. Эпитаксия. Гетероэпитаксия и гомоэпитаксия. Определения.
22. Фотошаблон. Для чего применяется, способы изготовления.
23. Легирование. Травление. Определения, назначение.
24. Термическое окисление. Основные функции.
25. Матрица рассеяния четырехполюсника. Определения элементов матрицы.
26. С чем связаны сложности построения радиотехнических устройств сверхвысоких частот.
27. Прямоугольные волноводы. Коаксиальная линия передачи. Рисунки, назначение, отличия.
28. Диаграмма комплексных сопротивлений Вольперта Смита. Пояснение основных составляющих диаграммы.
29. Структура биполярного транзистора. Рисунок, пояснения принципа работы транзистора.
30. Структуру полевого транзистора. Рисунок, пояснения принципа работы транзистора.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Для обеспечения учебного процесса и решения задач обучения используются совпадающие с пунктом 12 рабочей программы по дисциплине следующие методические материалы:

Согласована на портале № 12353

12.1. Основная литература

1. Легостаев, Н. С. Учебное пособие «Микроэлектроника»: Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Профиль: «Промышленная электроника» [Электронный ресурс] / Легостаев Н. С. — Томск: ТУСУР, 2013. — 172 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4280.

2. Смирнов, Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники. [Электронный ресурс] / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 496 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/12948.

3. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744с. (10 экз.).

12.2. Дополнительная литература

1. Троян, П. Е. Микроэлектроника: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Троян П. Е. — Томск: ТУСУР, 2007. — 349 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/539.

2. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов/ И. П. Степаненко. - М : Советское радио, 1980. – 423с. (64 экз.)

3. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (20 экз.)

4. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (18 экз.)

5. Маттей Д. Л. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи/ Д. Л. Маттей, Л. Янг, Е. М. Т. Джонс// пер с англ.,ред.: Л. В. Алексеев, Ф. В. Кушнир. - М. : Связь, 1972. - Т. 1. - 438 с. (11 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1 Обязательные учебно-методические пособия

1. Легостаев, Н. С. Микроэлектроника: Методические указания по изучению дисциплины [Электронный ресурс] / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. — Томск: ТУСУР, 2015. — 90 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5587. (Учебно-методическое пособие для практических занятий).

2. Саврук Е. В., Физика полупроводников: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов направлений подготовки 11.03.04 «электроника и наноэлектроника», профиль «микроэлектроника и твердотельная электроника», 28.03.01 «нанотехнологии и микросистемная техника», профиль «нанотехнологии в электронике и микросистемной технике» [Электронный ресурс] / Саврук Е. В., Каранский В. В., Смирнов С. В. — Томск: ТУСУР, 2016. — 37 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6278.

3. Устройства СВЧ и антенны[Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов/ Г. Г. Гошин– Томск: ТУСУР, 2010. – 42 с. Режим доступа: http://edu.tusur.ru/training/publications/7

4. Легостаев, Н. С. Вопросы для самоконтроля: По дисциплине «Микроэлектроника» [Электронный ресурс] / Легостаев Н. С. — Томск: ТУСУР, 2014. — 16 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4273. (учебно-методическое пособие для самостоятельной работы).

Согласована на портале № 12353