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**
«28» 09 **2016 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы микроэлектроники СВЧ»

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 третий **Семестр** шестой

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 6	Всего	Единицы
1.	Лекции	24	24	часов
2.	Практические занятия	36	36	часов
3.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)	60	60	часов
4.	Из них в интерактивной форме	13	13	часов
5.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	48	48	часов
6.	Всего (без экзамена)	108	108	часов
	(в зачётных единицах)	3	3	

Зачёт: шестой семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 10154

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 8 от «28» 4 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 № 10154

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины «Основы микроэлектроники СВЧ» 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 (ОПК-7).

Согласована на портале № 10154

4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

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

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
Аудиторные занятия (всего)	**60**	**60**
в том числе:		
Лекции	24	24
Практические занятия	36	36
Самостоятельная работа (всего)	**48**	**48**
в том числе:		
Проработка теоретического материала.	14	14
Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам.	16	16
Выполнение индивидуальных заданий, подготовка отчётов и кратких докладов	18	18
Общая трудоёмкость	**108**	**108**
Зачётные единицы трудоёмкости	**3**	**3**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практ. занятия	Самостоятельная работа	Всего часов	Формируемые компетенции (ОК, 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
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 № 10154

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
2	Полупроводниковые переходы и контакты.	Электронно-дырочные переходы. Контакт полупроводник-металл, граница полупроводник-диэлектрик.	2	ПК-5
3	Технологические основы микроэлектроники.	Подготовительные операции. Литография, эпитаксия, легирование. Техника масок, нанесение тонких плёнок.	4	ПК-5
4	Элементы интегральных схем.	Способы изготовления активных и реактивных нагрузок в интегральных схемах СВЧ. Краткие сведения по созданию нелинейных элементов.	4	ПК-5
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	ОПК-7
6	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Основы расчётов согласующих цепей. Фильтры нижних и верхних частот, режек- торные и полосовые фильтры.	2	ОПК-7
7	Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Пассивные нагрузки. Основы проектирования аттенюаторов Т- и П-типов, резистивных делителей мощности и сплиттеров.	2	ПК-5
8	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Применение нелинейных элементов в микроэлектронике. Полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы разных типов.	4	ПК-5
9	Компьютерное моделирование интегральных схем	Обзор систем автоматизированного проектирования радиотехнических устройств СВЧ. Применение методов электромагнитного анализа.	2	ОПК-7

Согласована на портале № 10154

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	П	СРС	Формы контроля
ОПК-7	+	+	+	Самостоятельные работы, индивидуальные задания, контрольные работы, зачёт
ПК-5	+	+	+	Опрос на лекциях, самостоятельные работы, практические занятия, контрольные работы, зачёт

Л – лекция, 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		1	1
Итого интерактивных занятий	8	5	**13**

Согласована на портале № 10154

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Не предусмотрено учебным планом

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№	Наименование разделов	Содержание практических работ	Трудо-емкость	Формируемые компетенции
1	Полупроводники в радиотехнике. Структура и физические процессы.	Переход металл-полупроводник, р-п- переход. Энергетические уровни и зоны.	4	ПК-5
2	Элементы интегральных схем.	Матрица рассеяния и её применение в СВЧ электротехнике. Выполнение расчетных заданий по реактивным цепям.	4	ПК-5
3	Элементы интегральных схем.	Микрополосковые, щелевые и копланарные линии передачи. Выполнение расчетных заданий.	4	ПК-5
4	Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Решение задач с применением диаграммы Вольперта-Смита. Примеры широкополосного согласования устройств.	3	ПК-5
5	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Выполнение индивидуальных заданий по расчёту и моделированию фильтров СВЧ.	4	ОПК-7
6	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Контрольная работа.	2	ОПК-7
7	Пассивные устройства СВЧ, Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Решение задач построения пассивных цепей. Работа в малых группах по расчёту и моделированию пассивных устройств.	4	ПК-5
8	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Схемы с применением диодов и транзисторов. Расчётные задания.	5	ПК-5
9	Компьютерное моделирование интегральных схем	Работа по индивидуальным заданиям в САПР.	6	ОПК-7

Согласована на портале № 10154

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	ОПК-7	Опрос на занятиях, посещение занятий
6	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Подготовка к контрольным работам	2	ОПК-7	Опрос на занятиях, посещение занятий, контрольная работа
7	Пассивные устройства СВЧ. Нагрузки, аттенюаторы, делители мощности, сплиттеры.	Проработка лекционного материала	1	ПК-5	Опрос на занятиях, посещение занятий
8	Нелинейные элементы СВЧ и их применение в микроэлектронике	Проработка лекционного материала	3	ПК-5	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 митральных 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	ОПК-7	Опрос на занятиях, отчет по индивидуальному заданию.
13	Методы узкополосного и широкополосного согласования интегральных схем.	Выполнение домашних заданий	3	ОПК-7	Опрос на занятиях, отчет по индивидуальному заданию, посещение занятий
14	Расчёт и проектирование согласующих цепей и фильтров.	Выполнение домашних заданий	4	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	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	Опрос на занятиях, отчет по индивидуальному заданию, посещение занятий

Согласована на портале № 10154

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:

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

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
Выступление (доклад) на занятии		3	3	**6**
Домашнее задание	4	4	4	**12**
Компонент своевременности	2	4	4	**10**
Контрольная работа		8		**8**
Опрос на занятиях	3	3	3	**9**
Отчёт по индивидуальному заданию			8	**8**
Посещение занятий	5	5	5	**15**
Расчётная работа	4	4		**8**
Собеседование			20	**20**
Тест	4			**4**
Нарастающим итогом	**22**	**31**	**47**	**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 № 10154

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1. Основная литература

1. Сальников А.С. Итегральные схемы СВЧ диапазона(У.п.), ТУСУР, 2013.- 66 стр. – [электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Сальников_ИССВЧД_УчебноеПособие.pdf
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток/ под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радиотехника, 2012. – 744с. (10 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов/ И. П. Степаненко. - М. : Советское радио, 1980. – 423с. (64 экз.)
2. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с. (20 экз.)
3. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с. (18 экз.)
4. Данилин В.Н. Аналоговые полупроводниковые интегральные схемы СВЧ/ Валентин Николаевич Данилин, А.И. Кушниренко, Гарри Васильевич Петров. - М. : Радио и связь, 1985. - 192 с. (16 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.)

Согласована на портале № 10154

12.3. Учебно-методические пособия

1. Сальников А.С. Интегральные схемы СВЧ диапазона(М.У. по практ.зан. и С.Р.), ТУСУР, 2013.-37 стр. – [электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Сальников_ИССВЧД_ПрактическиеЗанятия.pdf
2. 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

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-исследовательская лаборатория«Микроволновая техника», ауд. 328 РК. Рабочие места оборудованы измерительными приборами и компьютерами с выходом в интернет.

14. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения практических занятий по дисциплине рекомендуется организация рабочих мест с персональным ЭВМ для каждого студента, оснащенные программами автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. В связи с большим количеством графического материала и рисунков по данной дисциплине лекционные занятия следует проводить с применением проектора и компьютера и при необходимости обеспеичивать слушателей раздаточным материалом. Конспектирование студентами лекционного материала обязательно.

Согласована на портале № 10154

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
«28» 09 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ СВЧ

(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: 3 Семестр: 6

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов

Зачет 6 семестр

Диф. зачет _____ семестр

Экзамен _____ семестр

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

Томск 2016

Согласована на портале № 10154

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	• 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 № 10154

	технических характеристик микроэлектронных СВЧ-приборов.		
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 № 10154

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 компоненты устройств СВЧ и схемы с их применением	• владеет навыками самостоятельной разработки топологий интегральных схем.
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• знает отдельные технологические процессы; • дает определения основных понятий микроэлектроники.	• способен моделировать и синтезировать компоненты устройств СВЧ.	• 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.

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-	• самостоятельно проводить анализ технической документации полупроводниковой техники	• навыками сбора и анализа теоретических и экспериментальных результатов

Согласована на портале № 10154

	устройств		
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

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 ре-	• уверенно владеет несколькими программами компьютерного моделирования; • навыками обработки экспериментальных данных.

Согласована на портале № 10154

		зультатов и применить их на практике.	
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.

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;

Согласована на портале № 10154

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).

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.

Согласована на портале № 10154

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:

4.1 Основная литература

1. Сальников А.С. Итегральные схемы СВЧ диапазона(У.п.), ТУСУР, 2013.- 66 стр. – [электронный ресурс]. -http://miel.tusur.ru/images/files/Сальников_ИССВЧД_УчебноеПособие.pdf

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

4.2 Дополнительная литература

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

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

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

4. Данилин В.Н. Аналоговые полупроводниковые интегральные схемы СВЧ/ Валентин Николаевич Данилин, А.И. Кушниренко, Гарри Васильевич Петров. - М. : Радио и связь, 1985. - 192 с. (16 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.)

4.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

1. Сальников А.С. Интегральные схемы СВЧ диапазона(М.У. по практ.зан. и С.Р.), ТУСУР, 2013.-37 стр. – [электронный ресурс]. -

Согласована на портале № 10154

http://miel.tusur.ru/images/files/Сальников_ИССВЧД_ПрактическиеЗанятия.pdf

2. 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

5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебно-исследовательская лаборатория«Микроволновая техника», ауд. 328 РК. Рабочие места оборудованы измерительными приборами и компьютерами с выходом в интернет.

6. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для проведения практических занятий по дисциплине рекомендуется организация рабочих мест с персональным ЭВМ для каждого студента, оснащенные программами автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. В связи с большим количеством графического материала и рисунков по данной дисциплине лекционные занятия следует проводить с применением проектора и компьютера и при необходимости обеспеичивать слушателей раздаточным материалом. Конспектирование студентами лекционного материала обязательно.

Согласована на портале № 10154