

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»
(ТУСУР)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине «Основы проектирования СВЧ полупроводниковых устройств» (модуль 5.4)

Подготовлена в рамках проекта:

«Разработка и апробация программы опережающей профессиональной переподготовки и учебно-методического комплекса (УМК), ориентированных на инвестиционные проекты ГК «РоснаноТех» в области производства конкурентоспособной продукции наноэлектроники на основе наногетероструктурных монолитных интегральных схем СВЧ диапазона длин волн и дискретных полупроводниковых приборов».

Заказчик: Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий» (ГК «РоснаноТех»).

Распределение учебного времени:

Всего: 28 часов

Лекции – 14 часов

Практика (с участием преподавателя) – 8 часов

Самостоятельная работа – 6 часов

Томск 2010

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании Совета по образовательной программе «_____» _____ 2010 г.

Разработчики:

доцент каф. КСУП ТУСУР

_____ Л.И. Бабак

доцент каф. КСУП ТУСУР

_____ М.В. Черкашин

ведущий специалист ЗАО НПФ «Микран»

_____ А.В. Кондратенко

Координатор образовательной программы:

_____ Н.Д. Малютин

Руководитель Совета образовательной программы:

Ректор ТУСУРа

_____ Ю.А. Шурыгин

Рабочая программа согласована с проектной компанией ООО «Субмикронные технологии» и ЗАО «НПФ «Микран».

Представитель ООО «Субмикронные

технологии»

Представитель ЗАО НПФ «Микран»

1 Цель и задачи дисциплины

Целью настоящего курса является приобретение слушателями специальных знаний по методам построения, моделирования и проектирования СВЧ устройств в интегральном исполнении.

Задачами курса являются:

- изучение современного состояния и тенденций развития элементной базы микро- наноэлектроники СВЧ диапазона;
- изучение способов описания и методов анализа СВЧ устройств;
- изучение вопросов теории, построения и проектирования транзисторных СВЧ усилителей.

2 Содержание дисциплины

2.1. Описание СВЧ устройств с помощью матрицы рассеяния (4 час.)

Волны мощности. Матрица рассеяния, физический смысл элементов, связь с классическими матрицами.

Обобщение понятия волн мощности на случай комплексных нагрузок. Обобщенная матрица рассеяния, физический смысл элементов.

Свойства матрицы рассеяния для различных классов СВЧ цепей. Взаимные и невзаимные цепи. Симметричные цепи. Активные, пассивные и реактивные цепи. Матрица рассеяния реактивного четырехполюсника.

2.2. Теория транзисторных СВЧ усилителей (6 час.)

Устойчивость активных СВЧ четырехполюсников. Иммитансный критерий устойчивости. Условная и абсолютная устойчивость. Области устойчивости на комплексных плоскостях коэффициентов отражения генератора и нагрузки. Условия абсолютной устойчивости. Инвариантный коэффициент устойчивости.

Передачные характеристики СВЧ четырехполюсников. Общая формула для коэффициента усиления по мощности. Анализ коэффициента усиления усилителя с согласующей цепью (СЦ) на входе (выходе). Коэффициент усиления усилителя с СЦ на входе и выходе: однонаправленный случай; слу-

чай двустороннего комплексно - сопряженного согласования; случай согласования на одном из входов. Графо - аналитическая методика выбора коэффициентов отражения СЦ.

2.3. Шумовые характеристики СВЧ цепей (4 час.)

Представление шумов двухполюсных элементов, тепловые шумы, дробовые шумы p-n перехода. Собственные и взаимные спектральные плотности источников шума. Эквивалентные шумовые схемы биполярного транзистора и полевого транзистора с барьером Шоттки.

Описание шумящих СВЧ многополюсников. Шумовые волны, матрица спектральных плотностей шумовых волн. Коэффициент шума (КШ) СВЧ усилителя в стандартном тракте. КШ усилителя с согласующими цепями. Минимальный КШ. Окружности постоянного КШ на плоскости коэффициента отражения генератора.

2.4. Построение и проектирование транзисторных СВЧ усилителей в интегральном исполнении (6 час.)

Классификация и характеристики, маршрут и методы проектирования транзисторных СВЧ усилителей. Параметрический синтез. Характеристики активных элементов.

Проектирование транзисторных СВЧ усилителей с реактивными СЦ. Выбор коэффициентов отражения в узкополосных и широкополосных усилителях. Расчет узкополосных СЦ. Расчет широкополосных СЦ на основе теории фильтров. Методы расчета широкополосных согласующе - выравнивающих цепей.

Усилители с диссипативными корректирующими цепями. Усилители с обратными связями. Структурные схемы транзисторных СВЧ усилителей. Балансные усилители. Усилители с суммированием мощности. Распределенные усилители.

2.5. Методики проектирования СВЧ генераторов (2 часа)

Различные подходы к определению условий генерации. Методики проектирования, основанные на анализе параметров транзистора в режиме мало-

го сигнала. Методики проектирования, основанные на анализе параметров транзистора в режиме большого сигнала. Сравнительный анализ различных методик. Применение систем автоматизированного проектирования при разработке генераторов (линейный анализ, метод гармонического баланса, анализ во временной области).

2.6 Особенности проектирования умножителей и преобразователей частоты (2 часа)

Классические методики проектирования умножителей и преобразователей частоты. Применение систем автоматизированного проектирования при разработке умножителей и преобразователей частоты (метод гармонического баланса, анализ во временной области). Применение электродинамического анализа при разработке трансформаторных цепей.

2.7. Практика (8 часов).

Моделирование и проектирование СВЧ-полупроводниковых устройств.

3. Список используемых источников

1. **Вай Кайчень.** Теория и проектирование широкополосных согласующих цепей / Перевод с англ. под ред. Ю.Л. Хотунцева. – М.: Связь, – 1979. – 288 с.
2. **Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т.** Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи / Перевод с англ. под ред. Л.В. Алексеева и Ф.В. Кушнера. – М.: Связь, – 1971. – 440 с.
3. **В.Фуско.** СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование. – М.: Радио и связь, – 1990. – 288 с.
4. **Алексеев О.В., Головков А.А., Дмитриев А.Я.** Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ: Учебное пособие для ВУЗов / Под ред. О.В. Алексеева. – М.: Радио и связь, – 1987. – 392 с.
5. **Алексеев О.В., Головков А.А., и др.** Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: Учебн. пособие для ВУЗов / Под ред. О.В.Алексеева. – М.: Высшая школа, – 2000. – 479 с.
6. **Карсон Р.** Высокочастотные усилители / Перевод с англ. под ред. В.Р. Магнушевского. – М.: Радио и связь, – 1981. – 216 с.
7. **Besser L., Gilmore R.** Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems. Vol I. Passive circuits and systems // Artech House Pub. – 2003. – 527 p. ISBN: 1-58053-521-6

8. **Virdee B.S., Virdee A.S., Banyamin B.Y.** Broadband Microwave Amplifiers // Artech House Pub. – 2004. – p. 231. ISBN: 1-58053-892-4
9. **Grebennikov A.** RF and Microwave Power Amplifier Design // McGraw-Hill Professional Engineering. – 2005. – 420 p. ISBN: 0071444939
10. **Wolff I.** Coplanar Microwave Integrated Circuits // Wiley Int. – 2006. – p. 545. ISBN 0471121010.
11. **Armengaud V., Lintignat J., Barelaud B., Jarry B., Babak L.I., Laporte C.** Design of a Ka-band MMIC Filtering LNA with a Metamorphic HEMT Technology for a Space Application // The 38th European Microwave Conference Proceedings – Amsterdam. – 2008. – P. 1358–1361.
12. **Babak L.I., Cherkashin M.V., Polyakov A.Y.** A New «Region» Technique for Designing Microwave Transistor Low-Noise Amplifiers with Lossless Equalizers. // The 38th European Microwave Conference Proceedings – Amsterdam. – 2008. – P. 1402–1405.
13. **Шеерман Ф.И., Бабак Л.И., Зайцев Д.А.** Интегрированная среда «визуального» проектирования корректирующих и согласующих цепей монолитных СВЧ устройств // Известия Томского политехнического университета. Издательство ТПУ – 2006. – Т. 309. № 8. – С. 166-171.
14. **Бабак Л.И., Черкашин М.В., Зайцев Д.А.** «Визуальное» проектирование корректирующих и согласующих цепей полупроводниковых СВЧ устройств. Часть 2. Программная реализация и примеры // Доклады ТУСУР. – 2007. – Вып. 1 (15). – С. 10-19.