

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Линии передачи и согласующие цепи для СВЧ монолитных интегральных схем» (модуль 5.1)

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:

Лекции	– 10 час.
Лабораторные занятия	– 8 час.
Всего аудиторных занятий	– 18 час.
Самостоятельная работа	– 18 час.
<hr/>	
Общая трудоемкость	– 36 час.

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

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, ее место в учебном процессе

1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель курса состоит в изучении линий передачи и принципов расчета согласующих цепей для СВЧ монолитных интегральных схем.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения слушатели должны:

- знать: типы применяемых линий передачи (ЛП) в СВЧ монолитных интегральных схемах (МИС), основы теории СВЧ линий передачи, принципы согласования комплексных импедансов, принципы расчета согласующих цепей на сосредоточенных и распределенных элементах для СВЧ МИС, реализацию пассивных цепей в составе СВЧ МИС;
- уметь: рассчитывать основные параметры согласующих цепей на сосредоточенных и распределенных элементах для СВЧ МИС;
- иметь навыки: работы с системой моделирования СВЧ цепей и устройств Microwave Office.

1.3 Перечень компетенций, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- теория функций комплексного переменного;
- основы электротехники и схемотехники;
- основы радиотехнических цепей и сигналов;
- общую теорию четырехполосников;

2 Содержание дисциплины

2.1 Введение (1 час)

Роль теории цепей в СВЧ технике. Основные положения теории СВЧ цепей.

Технология изготовления и способы построения интегральных СВЧ устройств. Примеры реализации СВЧ МИС.

2.2 Линии передачи (4 часа)

Основные типы линий передачи в СВЧ устройствах и МИС: полосковая ЛП, микрополосковая ЛП, копланарная ЛП, щелевая ЛП, коаксиальная ЛП, волноводная ЛП, связанная микрополосковая линия. Переходы.

Волновые процессы в ЛП. Эквивалентная схема участка ЛП. Телеграфные уравнения. Падающие и отраженные волны. Волновые уравнения передачи.

Основные параметры ЛП. Волновое сопротивление. Постоянная распространения. Коэффициент затухания. Коэффициент фазы. Фазовая скорость. Электрическая длина ЛП. Влияние подложки на параметры ЛП.

Коэффициент отражения. Расчет коэффициента отражения в различных сечениях ЛП. Связь коэффициента отражения и комплексного сопротивления.

Режимы работы ЛП. Режимы бегущей и стоячей волн, смешанный режим. Коэффициент стоячей волны (КСВН). Коэффициент бегущей волны (КБВ). Связь КСВ и КБВ с коэффициентом отражения. Измерения коэффициента отражения с помощью современных анализаторов цепей и импульсными методами.

Передача мощности в ЛП. Падающая и отраженная мощность, КПД.

Входное сопротивление нагруженной ЛП. Зависимость входного сопротивления от частоты сигнала и длины ЛП. Режим холостого хода и короткого замыкания.

Параметры ЛП, используемых в СВЧ МИС. Микрополосковая линия (МПЛ). Копланарная линия (КПЛ). Применение ЛП в СВЧ устройствах и МИС. Связанные линии. Распределенные пассивные элементы СВЧ цепей. Реализация емкости и индуктивности на основе отрезков ЛП. Колебательные системы. Реализация в МПЛ и КПЛ.

Программы для расчета параметров ЛП (ApCAD, TXLine).

2.3 Круговая диаграмма Вольперта-Смита (1 час)

Круговая диаграмма полных сопротивлений. Окружности реальной и мнимой частей сопротивления. Связь коэффициента отражения и входного сопротивления ЛП. Диаграмма проводимостей.

Программа Smith Chart. Трансформация импедансов с помощью лестничных цепей на сосредоточенных и распределенных элементах. Связь полосы пропускания и уровня коэффициента отражения.

2.4 Согласование импедансов (4 часа)

Постановка задачи согласования. Суть задачи. Классификация задач согласования. Узкополосное и широкополосное согласование. Основные соотношения. Ограничение Фано-Юлы на полосу пропускания.

Расчет согласующих цепей (СЦ) на основе последовательно-параллельного преобразования цепочек.

Расчет узкополосных СЦ с помощью круговой диаграммы Вольперта-Смита. Решение типовых задач согласования с помощью программы Smith Chart.

Методы расчета широкополосных СЦ. Классический подход к решению задачи согласования. Процедуры аппроксимации и синтеза. Применение теории фильтров для построения СЦ. Численные методы. Методы визуального расчета СЦ.

Примеры топологий СЦ на МПЛ и КПЛ для СВЧ МИС. Реализация реактивных элементов. Влияние потерь на характеристики СЦ. Примеры проектирования СЦ для СВЧ МИС.

3. Лабораторные работы (8 часов)

3.1 Знакомство с программой AWR Microwave Office на примере расчета пассивной СЦ (фильтра). Решение задач узкополосного согласования с помощью формул и программы Smith Chart (2 часа).

3.2 Расчет параметров ЛП. Изучение программ AppCAD и TXLine. Расчет широкополосных СЦ (2 часа).

3.3 Построение топологии монолитной СЦ, библиотека элементов, топологические ячейки (2 часа).

3.4 Электромагнитный анализ распределенной СЦ (2 часа).

4. Самостоятельная работа (18 часов)

Цель самостоятельной работы – предварительное знакомство с материалами лекций, закрепление материала, полученного в ходе изучения дисциплины, включая самостоятельное выполнение лабораторных работ.

№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма контроля
1	Проработка лекционного материала	7	Опрос на лекции
2	Подготовка к лабораторным работам и их выполнение	11	Отчет по лабораторной работе
Всего часов самостоятельной работы по дисциплине		18	

6. 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. –р. 545. ISBN 0471121010.
11. **Бомбизов А.А.,** Ладур А.А., Лоцилов А.Г., Малютин Н.Д., Мисюнас А.О., Семенов Э.В., Фатеев А.В., Усубалиев Н.А. Векторный импульсный измеритель характеристик цепей и проводных систем // Приборы. – 2007. – № 9. – С. 28–31.
12. **Сычёв А.Н.** Комбинированный метод частичных емкостей и конформных отображений для анализа многомодовых полосковых структур.– Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектрон., 2007.– 138с.
13. **Лоцилов А.Г.,** Семёнов Э.В., Малютин Н.Д. Цифровой измерительный комплекс для измерения частотных и импульсных характеристик четырехполюсников // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т.309, №8. – С. 37–41.
14. **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.