

## УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ СВЧ

Индекс дисциплины: ИП. 04

Часы: 147 час

#### **Основные разделы дисциплины:**

Функции, выполняемые полупроводниковыми приборами в устройствах СВЧ.

Диоды с переменной емкостью. Параметрический диод. Умножители частоты. Варикапы. Смесительные и детекторные диоды. Переключательные и ограничительные диоды. Основные параметры диодов.

Антенные переключатели. Фазовращатели для модулей фазированной антенной решетки. Атенюаторы. Защитные устройства. Лавинно-пролетные диоды. Диоды Ганна.

Биполярные и полевые СВЧ транзисторы.

Монолитные интегральные схемы СВЧ на основе арсенида галлия.

Тенденции и перспективы дальнейшего развития микроэлектроники СВЧ.

#### **СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

##### **Учебный план 2002 года**

|   |              |
|---|--------------|
| Лекции (54 часа)                        | – 10 семестр |
| Лабораторные занятия (18 час)           | – 10 семестр |
| Объем самостоятельной работы (75 часов) | – 10 семестр |

#### **I. Содержание лекций**

##### **10 семестр**

Особенности диапазона СВЧ и его использование. Роль техники СВЧ в развитии систем связи и радиолокации, в освоении космического пространства. Функции, выполняемые полупроводниковыми приборами в устройствах СВЧ. Основные этапы в развитии микроэлектроники СВЧ.

Диоды с переменной емкостью. Параметрический диод. Умножители частоты. Варикапы. Основные параметры диодов с переменной емкостью. Максимальная рабочая частота. Материалы для изготовления диодов. Схема параметрического усилителя отражательного типа с циркулятором. Схема микрополоскового умножителя частоты.

Смесительные и детекторные диоды. Вольтамперные характеристики диодов различного типа: точечного, обращенного, диода с барьером Шоттки. Принцип детектирования и смещения частот на нелинейном сопротивлении. Конструирование диодов и машинный расчет их параметров. Микрополосковая схема смесителя на диодах Шоттки, основные параметры, спектр выходных частот, шумы, потери преобразования. Включение детекторного диода для измерения мощности в линии.

Переключательные и ограничительные диоды. Принцип работы и эквивалентная схема *pin*-диода. Расчет импеданса при прямом и обратном смещении. Скорость переключения. Выбор материала и конструирование диода. Основные схемы переключателей на *pin*-диодах. Потери в переключателе. Схема антенного переключателя. Фазовращатели для модулей антенной фазированной решетки. Атенюаторы. Защитные устройства на ограничительных диодах.

Туннельные диоды. Вольтамперная характеристика и эквивалентная схема. Максимальная рабочая частота и выходная мощность. Выбор материала и конструкции, Схема усилителя отражательного типа на туннельном диоде.

Физические основы работы лавинно-пролетного диода (ЛПД). Лавинное умножение носителей заряда. Насыщение дрейфовой скорости электронов в высоких полях. Принцип действия ЛПД. Расчет динамической проводимости. Эквивалентная схема. Связь рабочей частоты с выходной мощностью ЛПД. Двухпролетный диод, ЛПД с барьером Шоттки. Работа ЛПД в режиме с захваченной плазмой. Включение ЛПД в коаксиальную, волноводную и микрополосковую линии.

Принцип работы генератора Ганна. Динамическая вольтамперная характеристика. Режимы работы диода Ганна: пролетный, с подавлением домена, с задержкой домена, с ограниченным накоплением объемного заряда. Конструкции диода Ганна. Схема генератора, перестраиваемого с помощью варикапа. Суммирование мощности нескольких диодов в общей нагрузке.

Частотные ограничения в биполярных транзисторах. Особенности топологии мощных СВЧ транзисторов, гребенчатая и многоэмиттерная конструкции. Профиль транзисторной ячейки. Транзистор с низкой концентрацией примеси в эмиттере. Эквивалентная схема СВЧ транзистора. Параметры матрицы рассеяния. Схема и топология усилительного каскада. Расчет усилителей на основе измеренных параметров матрицы рассеяния транзисторов.

Частотные ограничения в полевых транзисторах. Конструкция полевого транзистора с барьером Шоттки на затворе. Использование принципа самосовмещения при изготовлении приборов с коротким каналом. Варианты топологии и профиля структуры. Полевой транзистор с двумя затворами.

Новые типы быстродействующих транзисторов. Транзистор с сетчатой базой. Биполярный гетеротранзистор. Полевой гетеротранзистор с высокой подвижностью электронов.

Развитие монолитных интегральных схем СВЧ на основе арсенида галлия. Основные преимущества и недостатки монолитных схем. Пример конструктивного исполнения монолитных ИС на полевых транзисторах и диодах Шоттки, технология изготовления.

Сравнение параметров активных приборов СВЧ. Тенденции и перспективы дальнейшего развития микроэлектроники СВЧ.

## **II. Названия лабораторных работ**

### **10 семестр**

1. Исследование переключательных диодов в микрополосковой линии.
2. Исследование волноводного переключателя.
3. Исследование диодов Ганна.
4. Исследование лавинно-пролетных диодов.

### III. ЛИТЕРАТУРА

#### Основная

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Т.1,2. М.: Мир, 1984.
2. Электронные приборы СВЧ / В.М.Березин, В.С.Буряк, Э.М.Гутцайт, В.П.Марин. М.: Высш.школа, 1985.
3. Микроэлектронные устройства СВЧ / Ред. Г.И.Веселов. М.: Высш. школа, 1988.
4. Бобровский Ю.Л., Кратиров И.А., Кулев В.А. Полупроводниковые приборы СВЧ. Л.: ЛЭТИ, 1976.

#### Дополнительная

1. СВЧ полупроводниковые приборы и их применение / Ред. Г. Уотсона. М.: Мир, 1972.
2. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи / Л.Г. Гассанов, А.А. Липатов, В.В. Марков, Н.А. Могильченко. М.: Радио и связь, 1988.
3. Полупроводниковые приборы в схемах СВЧ / Ред. М. Хауэса, Д. Моргана. М.: Мир, 1979.
4. Лебедев И.В., Шнитников А.С. Твердотельная СВЧ электроника. Учебное пособие. М.: МЭИ, 1988.

Программу составил д. т. н., профессор Шнитников А.С.