

# Программа курса

## 2.1. Содержание учебного курса

Основные этапы развития полупроводниковой электроники

Раздел 1. Полупроводниковые приборы на основе однородных полупроводников

### **Тема 1.1. Полупроводниковые термосопротивления.**

Параметры и характеристики термосопротивлений. Принцип действия, конструкция и технология изготовления. Применение термосопротивлений. Релейный эффект. Позисторы.

### **Тема 1.2. Фотосопротивления.**

Принцип действия, технология изготовления. Процессы световой генерации и рекомбинации неравновесных носителей заряда. Параметры и характеристики. Применение.

### **Тема 1.3. Нелинейные полупроводниковые сопротивления (варисторы).**

Технология изготовления и конструкция варисторов. Параметры и характеристики варисторов. Эквивалентная схема. Применение варисторов.

### **Тема 1.4. Тензометры.**

Физическая сущность тензоэффекта. Технология изготовления тензометров. Основные параметры и характеристики тензорезисторов. Применение тензорезисторов. Тензодиоды.

### **Тема 1.5. Генераторы Ганна.**

Эффект Ганна. Технология изготовления генераторов Ганна. Параметры генераторов Ганна.

### **Тема 1.6. Датчики Холла**

Принцип действия датчиков Холла. Технология изготовления. Параметры датчиков Холла. Применение датчиков Холла.

### **Тема 1.7. Полупроводниковые термоэлементы.**

Термоэлектрические генераторы. Термо-э.д.с. Эффект Пельтье. Холодильники и нагреватели.

Раздел 2. Потенциальные барьеры в полупроводниковых приборах

### **Тема 2.1. Контакт металл – полупроводник.**

Образование потенциального барьера на границе металл – полупроводник. Идеальный контакт металл – полупроводник. Контактная разность потенциалов. Запорный (выпрямляющий) и антизапорный контакты. Диодная [теория](#) выпрямления тока на контакте металл - полупроводник. Диффузионная [теория](#) выпрямления тока.

## **Тема 2.2. *p-n* переход.**

Объемный заряд в *p-n* переходе. Потенциальный барьер в *p-n* переходе. Распределение концентрации свободных носителей заряда в *p-n* переходе. Расчет ширины области пространственного заряда *p-n* перехода. Емкость *p-n* перехода. Выпрямление тока *p-n* переходом.

Расчет ВАХ *p-n* перехода. Диод с толстой базой. Диод с тонкой базой. Генерация и рекомбинация носителей в области объемного заряда. Динамические свойства *p-n* перехода. Эквивалентная схема диода с  $p^+-n$  переходом.

Особенности работы *p-n* перехода при больших обратных смещениях (пробой *p-n* перехода). Виды пробоя.

## **Тема 2.3. Структура металл – диэлектрик – полупроводник.**

Идеальная МДП – структура. Режимы аккумуляции, обеднения, сильной и слабой инверсии. Область пространственного заряда в равновесных условиях. Емкость области пространственного заряда. Вольт – фарадная характеристика идеальной и реальной МДП – структуры.

Реальная поверхность полупроводника и поверхностные состояния электронов. Заряды в диэлектрике. Поверхностный захват и рекомбинация в стационарных условиях. Сечения захвата. Нейтральные, притягивающие и отталкивающие центры.

## **Тема 2.4. Гетеропереходы.**

Резкие анизотипные гетеропереходы. Резкие изотипные гетеропереходы. Плавные гетеропереходы. Профили энергетических зон гетеропереходов.

Раздел 3. Полупроводниковые диоды

## **Тема 3.1. Общая характеристика диодов**

Технология изготовления плоскостных и точечных диодов. Конструкция силовых диодов. Особенности характеристик силовых диодов из кремния, германия, селена. Параметры силовых диодов.

## **Тема 3.2. Диоды СВЧ**

Выпрямляющие, импульсные, преобразовательные диоды СВЧ. Сопротивление растекания полусферического и плоского контактов. Параметры и характеристики диодов СВЧ, конструкция, эквивалентная схема.

## **Тема 3.3. Полупроводниковые стабилитроны**

Принцип действия и конструкция стабилитронов. Параметры стабилитрона. Регулирующие и опорные диоды. Термокомпенсированные стабилитроны. Применение полупроводниковых стабилитронов.

#### **Тема 3.4. Туннельные диоды**

Принцип действия туннельных диодов. Технология изготовления. Основные параметры туннельных диодов. Эквивалентная схема туннельного диода. Применение туннельных диодов. Обращенные диоды.

#### **Тема 3.5. Полупроводниковые варикапы**

Принцип работы варикапа в качестве усилителя. Эквивалентная схема полупроводникового варикапа. Параметры варикапа.

#### **Тема 3.6. Лавинно-пролетные диоды (ЛПД)**

Физические принципы действия ЛПД. Эквивалентная схема ЛПД. Основные параметры лавинно-пролетных диодов. Применение.

#### **Тема 3.7. Фотодиоды и фотоэлементы.**

Физические принципы работы и конструкция фотодиода. Параметры фотодиода. Фотоэлементы. Эквивалентная схема фотоэлемента. Параметры фотоэлемента.

#### **Тема 3.8. Излучающие диоды**

Особенности излучательных процессов в  $p-n$  переходах. Устройство и изготовление светоизлучающих диодов. Материалы для изготовления светодиодов. Основные параметры излучательного диода.

#### **Тема 3.9. Инжекционные лазеры**

Критерии возникновения лазерного излучения. Изготовление лазеров на основе полупроводников. Структура и режимы работы лазеров. Параметры и характеристики инжекционных лазеров.

Элементная база оптико-волоконных линий связи. Распространение и затухание света в световоде.

#### **Тема 3.10. Оптроны**

Свойства оптронов. Основные элементы оптронов. Разновидности оптронов и их применение.

### **Раздел 4. Транзисторы и тиристоры**

#### **Тема 4.1. Биполярные транзисторы**

Классификация транзисторов. Технология изготовления биполярных транзисторов. Принцип действия транзистора в качестве усилителя. Расчет постоянных токов в

транзисторе. Распределение носителей заряда. Статические параметры биполярного транзистора.

Полупроводниковый триод как элемент схемы. Формулы Молла-Эберса. Переменные токи в транзисторе. Параметры биполярного транзистора при переменных токах. Дрейфовые транзисторы. Представление транзистора в виде эквивалентного четырехполюсника в системе  $Z, Y, H$  параметров. Физические и формальные эквивалентные схемы транзистора. Частотные свойства биполярного транзистора. Представление частотной зависимости коэффициента передачи  $RC$  – цепочкой. Частотная зависимость коэффициента усиления по току в схеме с общим эмиттером. Составные транзисторы.

#### **Тема 4.2. Полевые транзисторы с $p-n$ переходом в качестве затвора**

Конструкции полевых транзисторов. Принцип действия и выходные характеристики полевого транзистора с  $p-n$  переходом в качестве затвора. Расчет ВАХ полевого транзистора с  $p-n$  переходом. Параметры полевого транзистора. Эквивалентные схемы и частотные свойства полевого транзистора.

#### **Тема 4.3. Полевые транзисторы с изолированным затвором.**

Конструкция и выходные характеристики полевого транзистора с изолированным затвором. Расчет ВАХ МДП-транзистора с в области плавного канала. ВАХ МДП-транзистора в области отсечки. Малосигнальные параметры. Эффект подложки. Эквивалентная схема и быстродействие МДП-транзистора. Топологические реализации МДП – транзисторов. Преимущества и недостатки полевых транзисторов.

МДП-транзистор как элемент памяти. МНОП-транзистор. Полевой транзистор с плавающим затвором.

#### **Тема 4.4. Приборы с зарядовой связью.**

МДП – структура в состоянии неравновесного обеднения. Конструкция и принцип действия приборов с зарядовой связью. Формирователь сигналов изображений на основе ПЗС структур. Частотные свойства ПЗС структур.

#### **Тема 4.5. Тиристоры**

Конструкция тиристора. Динисторы и тринисторы. ВАХ динистора, ВАХ тринистора. Обратная ветвь ВАХ тиристора. Частотные свойства и применение тиристора. Симметричные тринисторы

### **Раздел 5. Интегральные схемы**

#### **Тема 5.1. Производство интегральных схем**

Особенности интегральных схем как нового типа электронных приборов. Классификация интегральных схем. Полупроводниковые, толсто пленочные и тонко пленочные схемы. Гибридные интегральные схемы. Основные материалы, применяемые при изготовлении ИС. Основные этапы изготовления биполярной ИС. Экономика интегральных схем.

#### **Тема 5.2. Цифровые и аналоговые интегральные схемы**

Классификация электронных схем. Особенности цифровой схемотехники. Параллельное соединение ключей. Последовательная ключевая цепочка. Особенности аналоговых схем. Составные транзисторы: пара Дарлингтона, составной  $p-n-p$ -транзистор.