

Лекция 10

Тема Лекции:
Биполярные транзисторы

к.ф.-м.н., PhD, ассоциированный профессор
Тулегенова Аида Тулегенкызы

Цель лекции:

Изучить устройство, принцип работы и характеристики биполярных транзисторов, рассмотреть физические процессы, происходящие в областях эмиттера, базы и коллектора, а также зависимость тока и усилительных свойств транзистора от его параметров и режимов включения.

Основные вопросы:

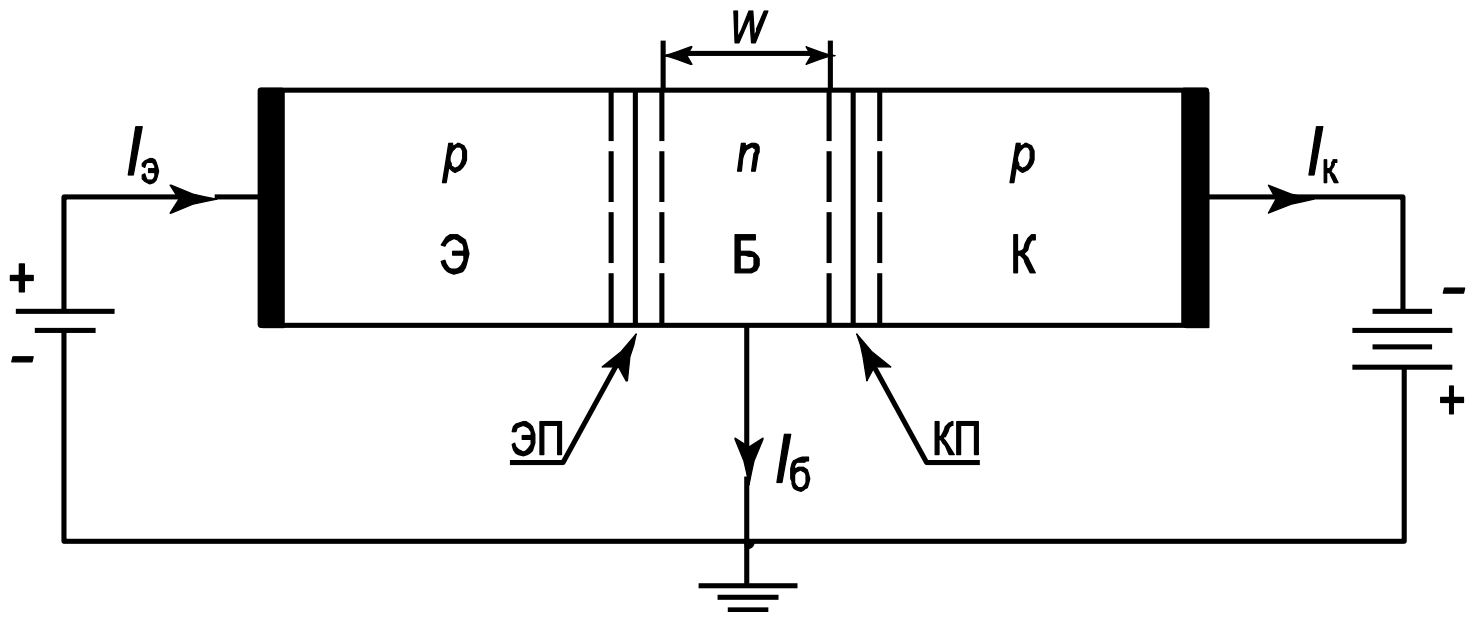
1. Строение и типы биполярных транзисторов (p–n–p и n–p–n структуры).
2. Назначение и функции эмиттера, базы и коллектора.
3. Принцип действия транзистора и механизм усиления тока.
4. Основные режимы работы транзистора: активный, насыщения, отсечки, инверсный.
5. Вольтамперные характеристики и зависимость токов от напряжения.
6. Основные параметры транзистора: коэффициенты усиления α и β, сопротивления, частотные свойства.
7. Схемы включения транзистора: с общим эмиттером, базой и коллектором.
8. Влияние температуры на характеристики и усилительные свойства

Введение

***Транзистором** называется полупроводниковый прибор с двумя электронно-дырочными переходами, предназначенный для усиления и генерирования электрических сигналов.*

В** транзисторе используются оба типа носителей – **основные и неосновные**, поэтому его называют **биполярным

Биполярный** транзистор состоит из трех областей монокристаллического полупроводника с разным типом проводимости: **эмиттера, базы и коллектора

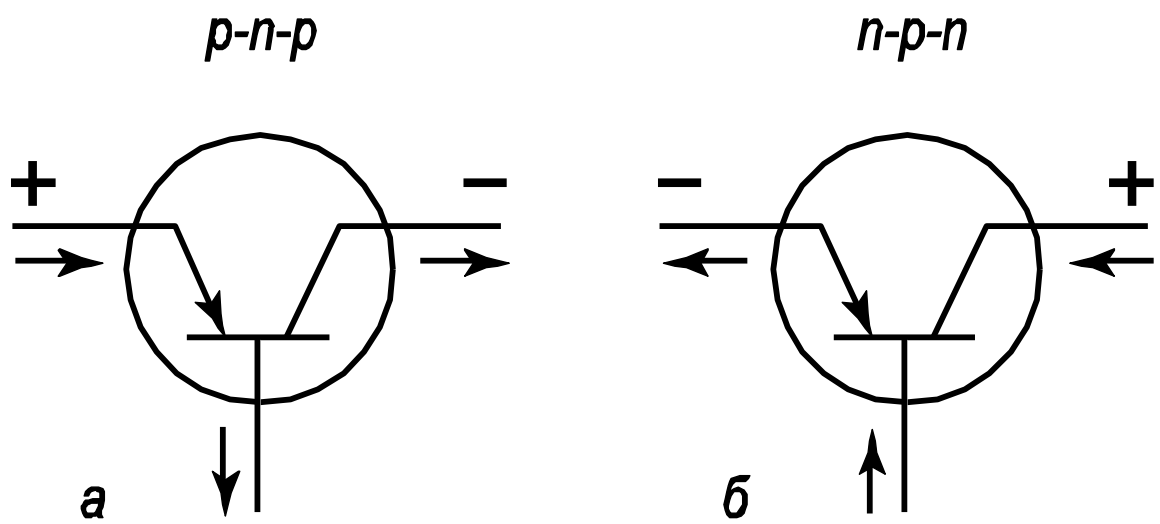


Схематическое изображение транзистора типа *p-n-p*:

Э – эмиттер, Б – база, К – коллектор, *W* – толщина базы, ЭП – эмиттерный переход, КП – коллекторный переход

Переход, который образуется на границе эмиттер – база, называется эмиттерным, а на границе база – коллектор – коллекторным.
В зависимости от типа проводимости крайних слоев различают транзисторы p-n-p и n-p-n.

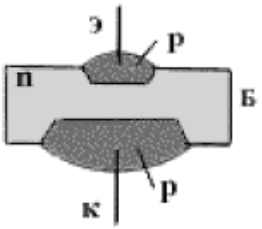
Условные обозначения обоих типов транзисторов, рабочие полярности напряжений и направления токов показаны на рисунке



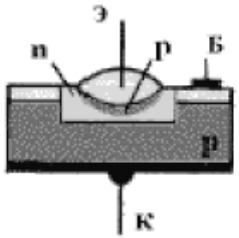
а*) транзистор *p-n-p*, *б*) транзистор *n-p-n

По технологии изготовления транзисторы делятся на ***сплавные***, ***планарные***, а также ***диффузионно-сплавные***, ***мезапланарные*** и ***эпитаксиально-планарные***

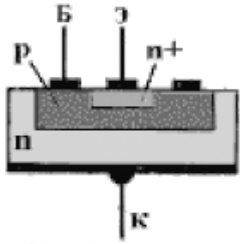
Разновидности транзисторов по технологии изготовления



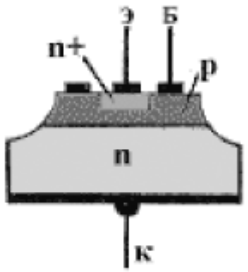
Сплавной транзистор



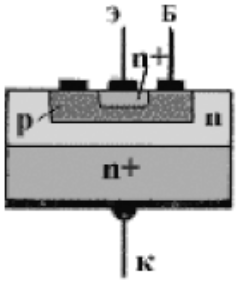
Сплавно-диффузионный транзистор



Диффузионно-планарный транзистор

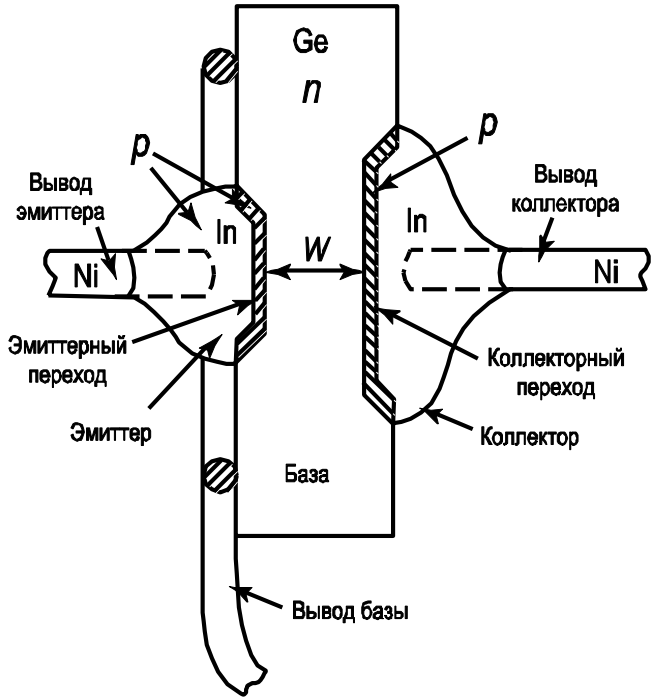


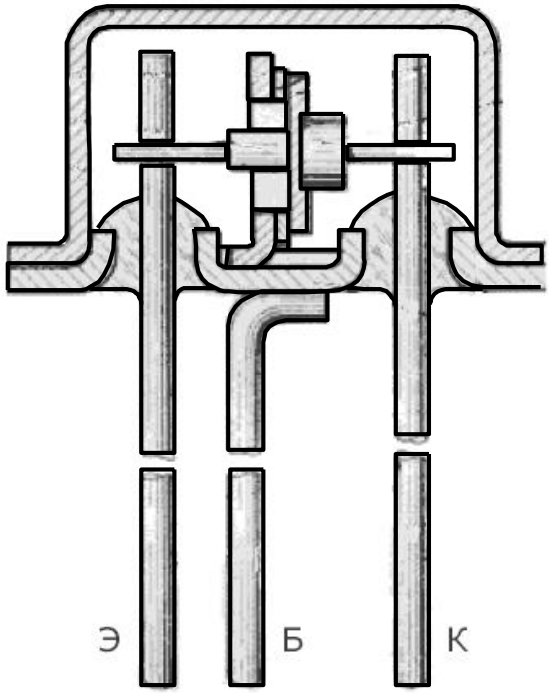
Мезапланарный транзистор



Эпитаксиально-планарный транзистор

Конструктивно биполярные транзисторы оформляются в металлических, пластмассовых или керамических корпусах





Каждый из переходов транзистора можно включить либо в прямом, либо в обратном направлении. В зависимости от этого различают три режима работы транзистора:

1. Режим ***отсечки*** – оба *p-n* перехода закрыты, при этом через транзистор обычно идет сравнительно небольшой ток;

2. Режим ***насыщения*** – оба *p-n* перехода открыты;

3. ***Активный*** режим – один из *p-n* переходов открыт, а другой закрыт.

В режиме отсечки и режиме насыщения управление транзистором невозможно. В активном режиме такое управление осуществляется наиболее эффективно, причем транзистор может выполнять функции активного элемента электрической схемы.

Область транзистора, расположенная между переходами, называется *базой* (Б). Примыкающие к базе области чаще всего делают неодинаковыми. Одну из них изготовляют так, чтобы из нее наиболее эффективно происходила инжекция в базу, а другую – так, чтобы соответствующий переход наилучшим образом осуществлял экстракцию инжектированных носителей из базы.

Область транзистора, основным назначением которой является инжекция носителей в базу, называют эмиттером (Э), а соответствующий переход – эмиттерным.

Область, основным назначением которой является экстракция носителей из базы, называют коллектором (К), а переход – коллекторным.

Выводы лекции:

Структура и принцип: Биполярный транзистор (p"–" n"–" p / n"–" p"–" n) управляет большим током коллектора с помощью малого тока базы за счёт инжекции и диффузии носителей заряда.

Режимы работы: Четыре режима (активный, насыщения, отсечки, инверсный) определяют применение транзистора — от линейного усиления сигналов до работы в качестве логического ключа.

Характеристики и параметры: Эффективность прибора задаётся коэффициентами передачи (α) и усиления тока (β), входными/выходными ВАХ и предельными частотными свойствами.

Схемы включения: Включение с общим эмиттером (ОЭ), базой (ОБ) или коллектором (ОК) позволяет гибко настраивать усиление по току, напряжению и согласование сопротивлений.

Температурная зависимость: Рост температуры увеличивает обратный ток коллектора и смещает ВАХ, что требует схемотехнической термостабилизации режима работы.

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1. Из каких областей состоит биполярный транзистор и каково назначение каждой из них?
2. Какова физическая причина усилительного эффекта транзистора?
3. Чем отличаются активный, насыщенный и отсечённый режимы работы?
4. Как связаны токи эмиттера, коллектора и базы?
5. Что показывает коэффициент β и от чего он зависит?
6. Нарисуйте и объясните выходные характеристики транзистора.
7. Какие существуют схемы включения транзистора и в чём их различия?
8. Как влияет температура на параметры биполярного транзистора?

Список литературных источников:

1. Трифонов Е. Н. Электронные процессы в твёрдых телах. — М.: Наука, 2015.
2. Соколов В. И. Физика и технология полупроводников. — М.: МИФИ, 2018.
3. Streetman, B. G., Banerjee, S. Solid State Electronic Devices. — Prentice Hall, 2016.
4. Pierret, R. F. Semiconductor Device Fundamentals. — Addison-Wesley, 1996.
5. Millman, J., Halkias, C. Electronic Devices and Circuits. — McGraw-Hill, 2010.
6. Sze, S. M., Ng, K. K. Physics of Semiconductor Devices. — Wiley, 2007.