



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:

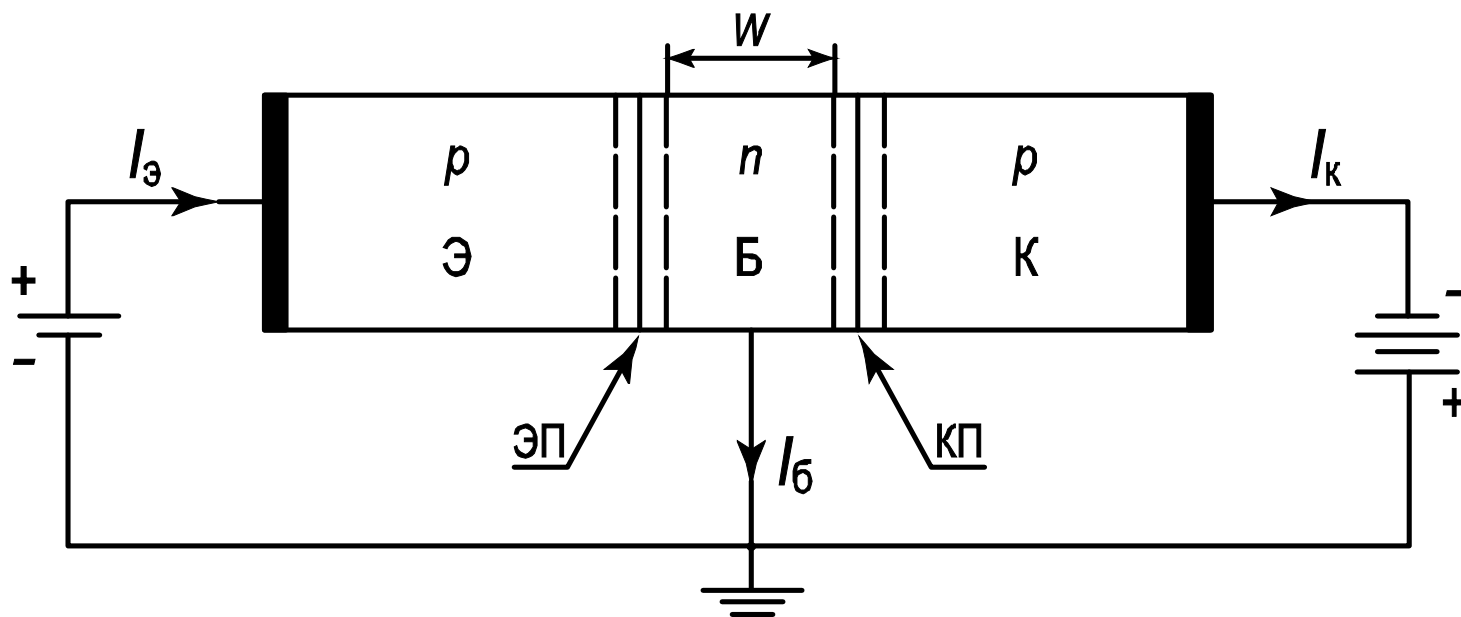
1. Строение и типы биполярных транзисторов (р-п-р и п-р-п структуры).
2. Назначение и функции эмиттера, базы и коллектора.
3. Принцип действия транзистора и механизм усиления тока.
4. Основные режимы работы транзистора: активный, насыщения, отсечки, инверсный.
5. Вольтамперные характеристики и зависимость 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***

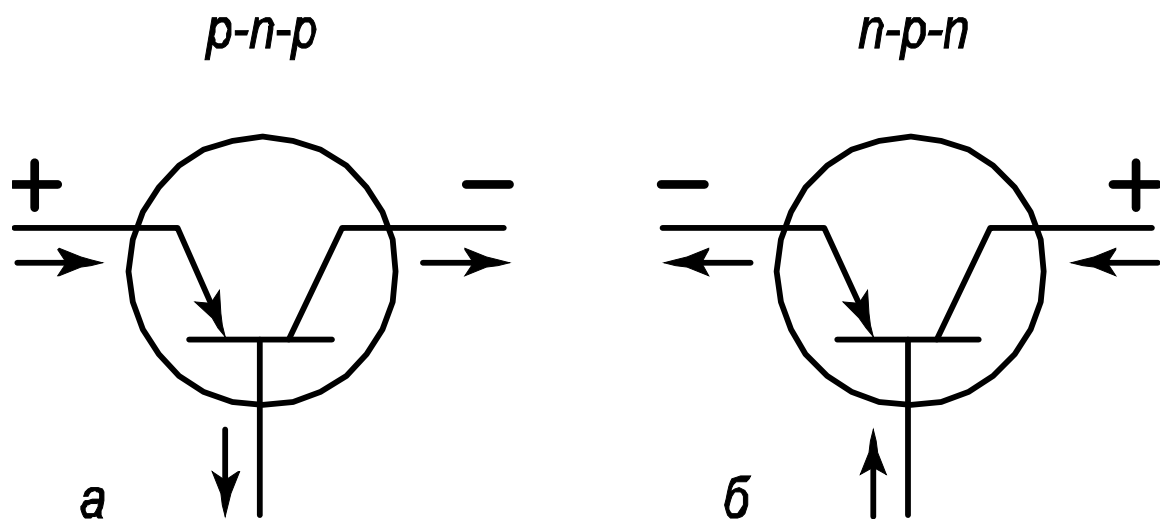


Схематическое изображение транзистора типа $r-n-r$:

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 $r-n-r$ и $n-r-n$.*

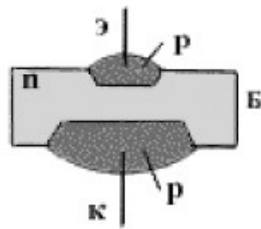
Условные обозначения обоих типов транзисторов, рабочие полярности напряжений и направления токов показаны на рисунке



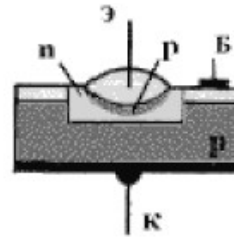
а) транзистор *p-n-p*, б) транзистор *n-p-n*

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

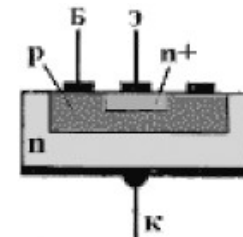
Разновидности транзисторов по технологии изготовления



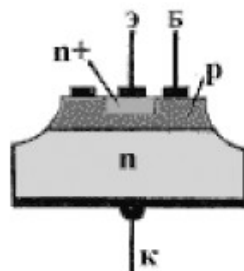
Сплавной транзистор



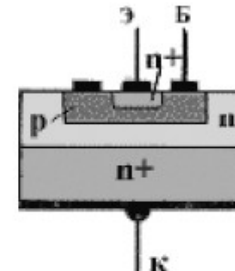
Спавно-диффузионный транзистор



Диффузионно-планарный транзистор

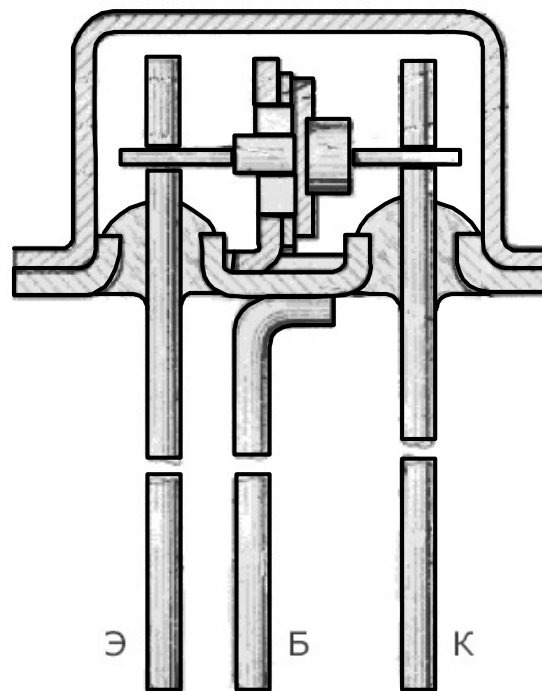
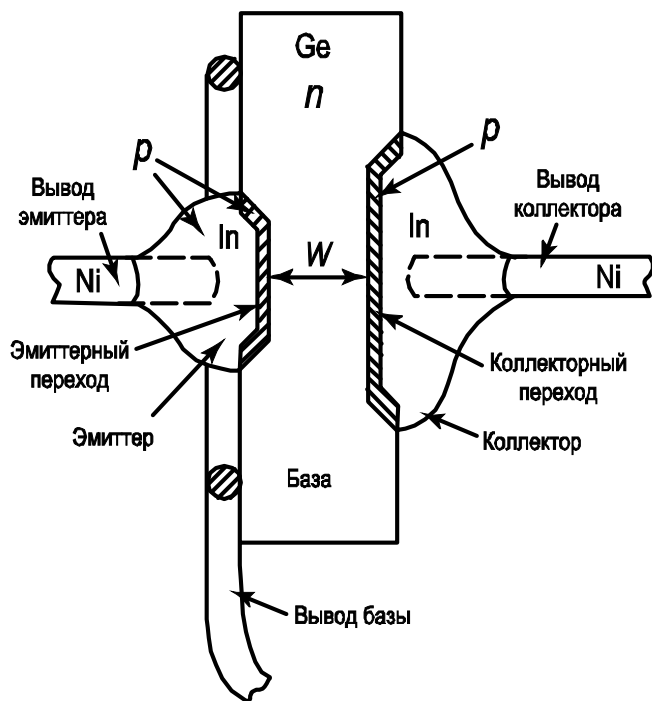


Мезапланарный транзистор



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 изготавливают 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**.

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.