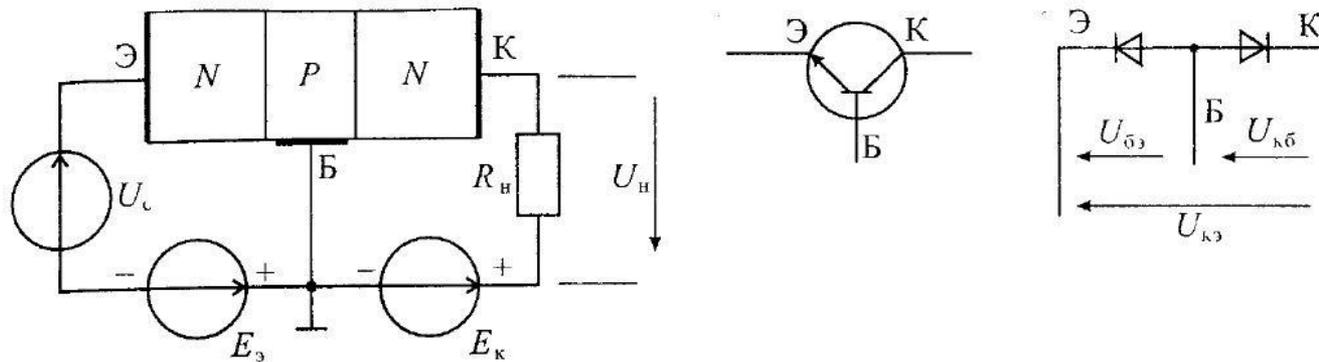


**Лекции по электронике для  
направления подготовки  
28.03.02 Наноинженерия -  
Технология наноматериалов**

# Биполярные транзисторы

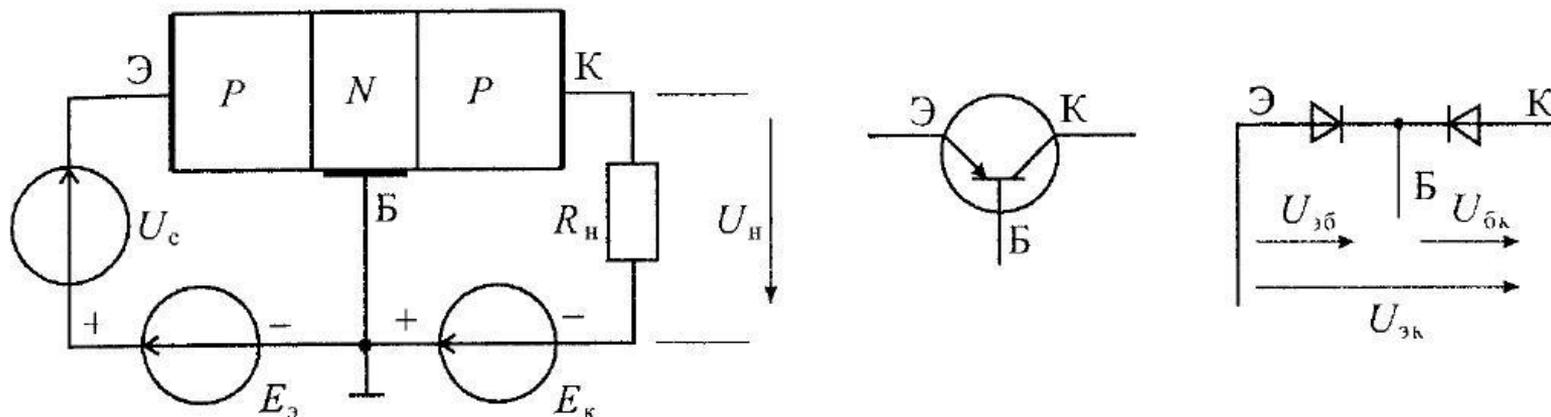
**Устройство и принцип действия биполярного транзистора.** Биполярным транзистором называется полупроводниковый прибор, имеющий два взаимодействующих между собой  $p-n$ -перехода. Технология изготовления биполярных транзисторов может быть различной — сплавление, диффузия, эпитаксия, — что в значительной мере определяет характеристики прибора.

**В зависимости от последовательности чередования областей с различным типом проводимости различают  $n-p-n$  и  $p-n-p$  транзисторы**



Устройство  $n-p-n$  транзистора, условное графическое обозначение и схема замещения

# Биполярные транзисторы



Устройство р-п-р транзистора, условное графическое обозначение и схема замещения

В зависимости от полярности напряжений, приложенных к электродам транзистора различают режимы работы транзистора:  
**1) линейный; 2) насыщения; 3) отсечки; 4) инверсный**

# Биполярные транзисторы

## Смещение переходов транзистора в различных режимах

- линейный режим: эмиттерный переход смещен в прямом направлении, коллекторный переход - в обратном;
- режим насыщения: эмиттерный и коллекторный переходы смещены в прямом направлении;
- режим отсечки: эмиттерный и коллекторный переходы смещены в обратном направлении;
- инверсный режим: эмиттерный переход в обратном направлении, коллекторный в прямом.

**Возможен нерабочий режим – аварийный  
(режим пробоя)**

# Биполярные транзисторы

Уравнение Эберса-Молла -зависимость тока коллектора от напряжения на эмиттерном переходе

$$i_k = I_{кб0} (e^{U_{бэ}/\varphi_T} - 1),$$

При протекании тока базы возникает инжекция зарядов из области коллектора в область базы и ток коллектора увеличивается в  $\beta$  раз,  $\beta$  – коэффициент передачи тока базы.

**Инжекция** — физическое явление, при котором при пропускании электрического тока в прямом направлении через р-п = переходах в прилежащих к переходу областях создаются высокие концентрации неравновесных («инжектированных») носителей заряда. Явление инжекции является следствием уменьшения высоты потенциального барьера в р-п-переходе при подаче на него прямого смещения.

# Биполярные транзисторы

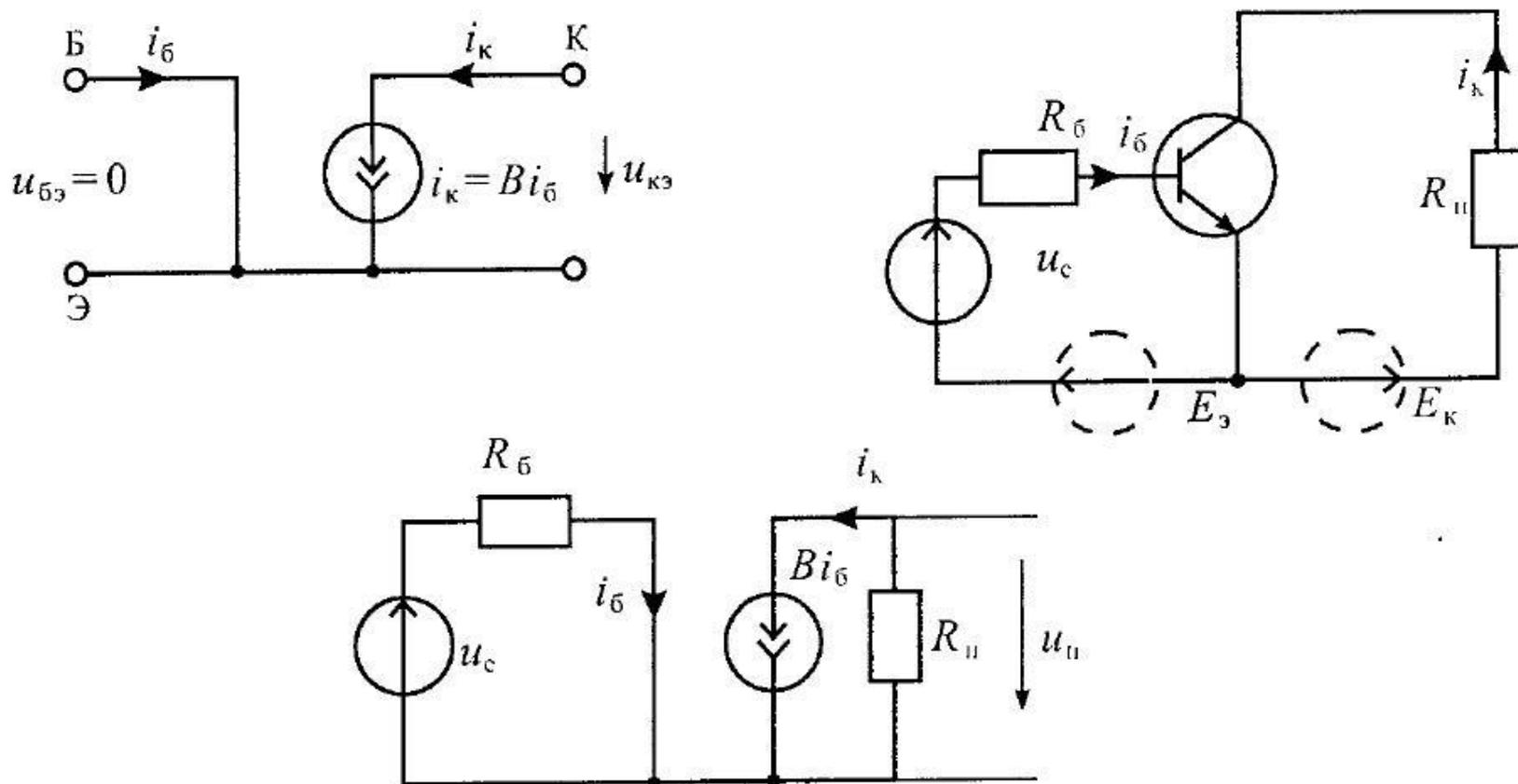


Схема замещения биполярного транзистора

# Биполярные транзисторы

## Уравнения биполярного транзистора в h – параметрах

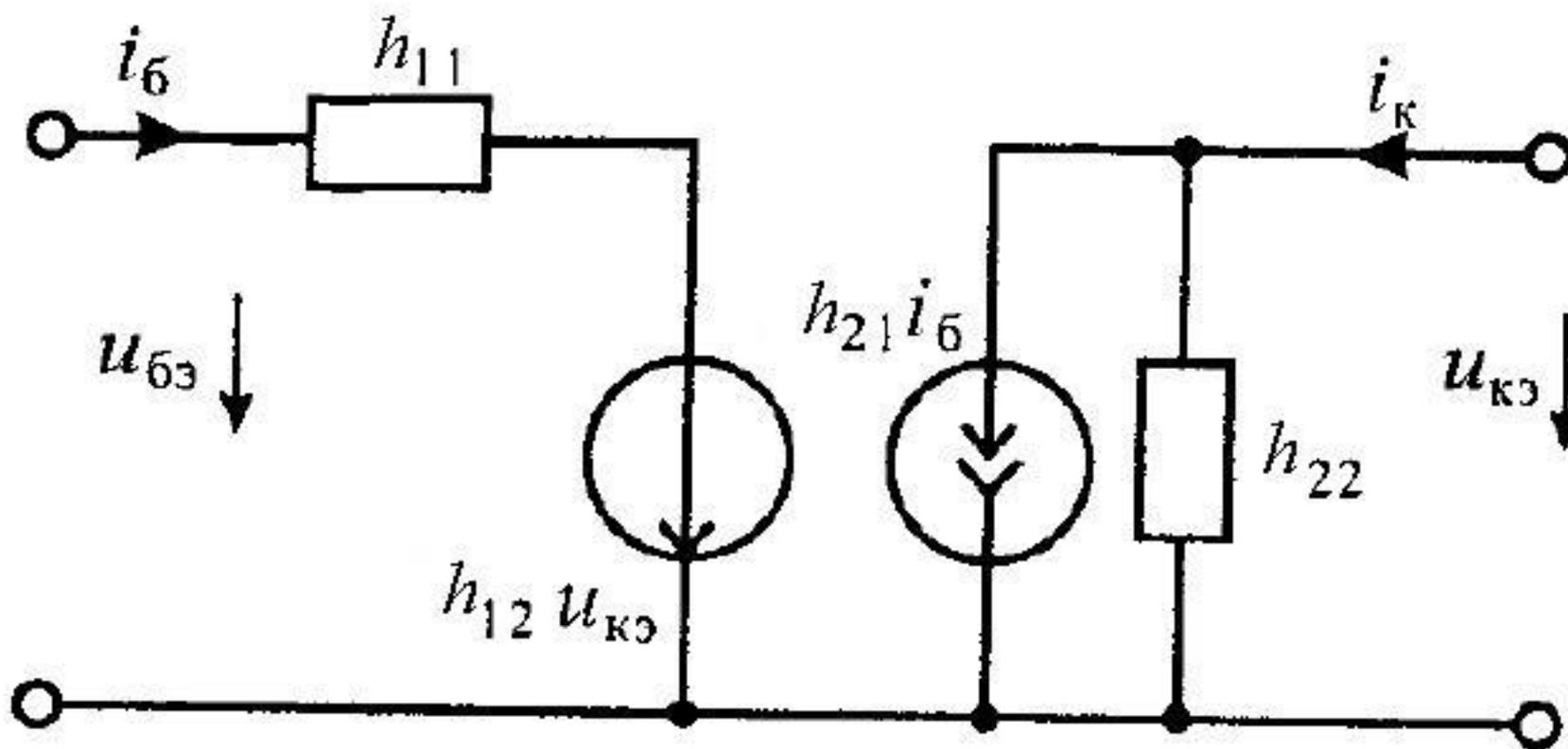
$$\begin{cases} u_{бэ} = h_{11}i_{б} + h_{12}u_{кэ} \\ i_{к} = h_{21}i_{б} + h_{22}u_{кэ} \end{cases}$$

$$h_{11} = \frac{u_{бэ}}{i_{б}} \quad \text{входное сопротивление} \quad h_{21} = \frac{i_{к}}{i_{б}} \quad \text{коэффициент передачи по току}$$

$$h_{22} = \frac{i_{к}}{u_{кэ}} \quad \text{выходная проводимость} \quad h_{12} = \frac{u_{бэ}}{u_{кэ}} \quad \text{коэффициент передачи по напряжению}$$

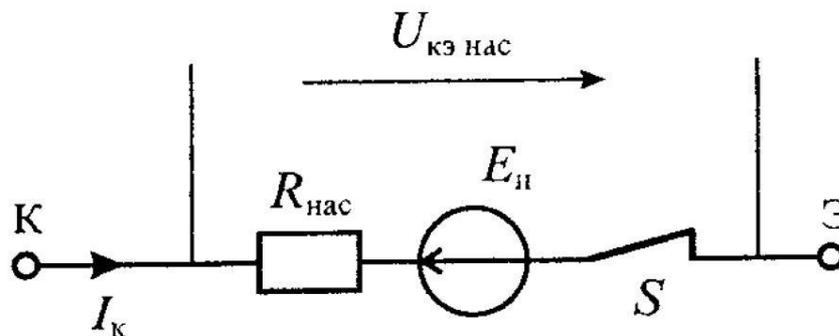
# Биполярные транзисторы

Схема замещения биполярного транзистора в  $h$  – параметрах



# Биполярные транзисторы

## Режим насыщения



Условие насыщения

$$u_{кб} = u_{кэ} - u_{бэ} = 0.$$

Коэффициент насыщения

$$q = \frac{I_{б\text{ нас}}}{I_{б\text{ гр}}}.$$

$I_{б\text{ нас}}$  - ток базы в режиме насыщения

$I_{б\text{ гр}}$  - ток базы в граничном режиме