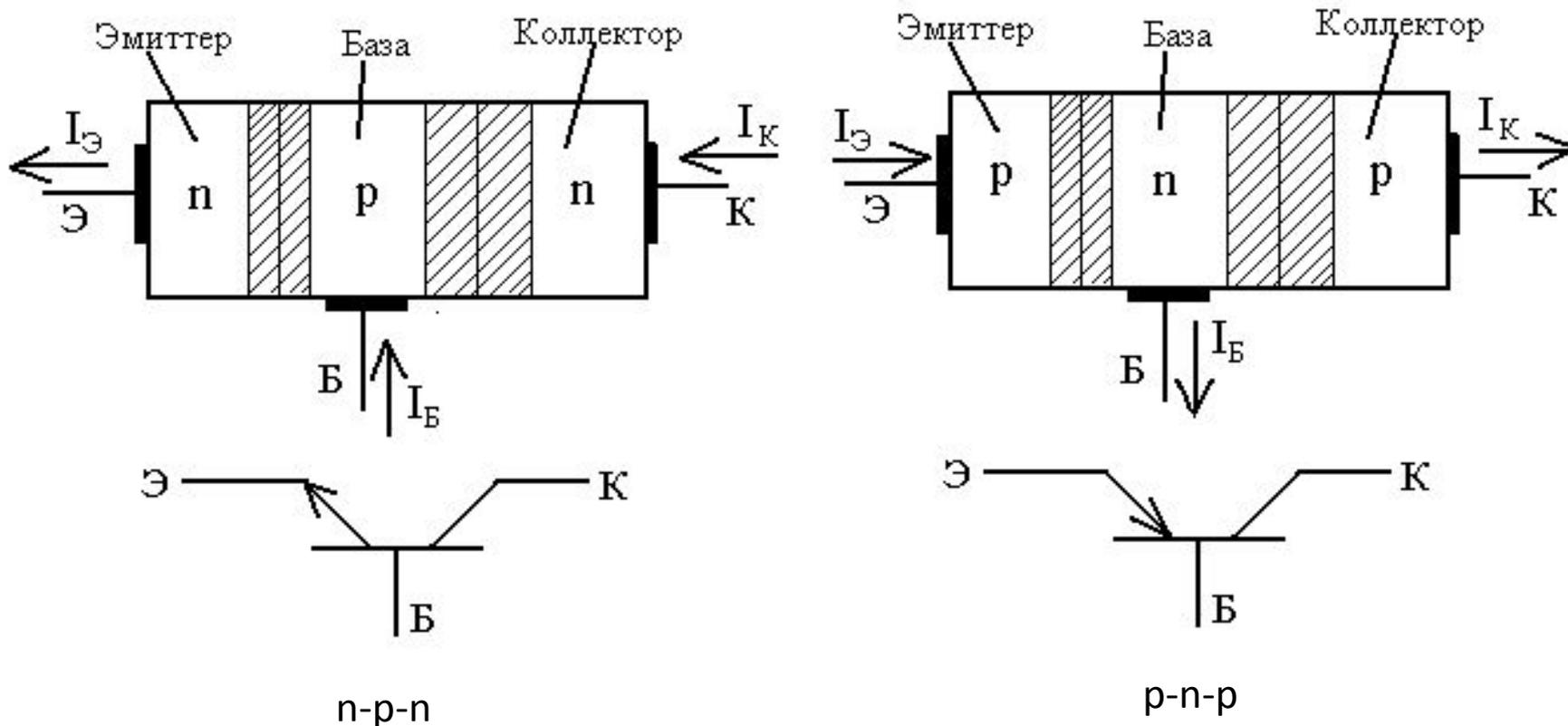
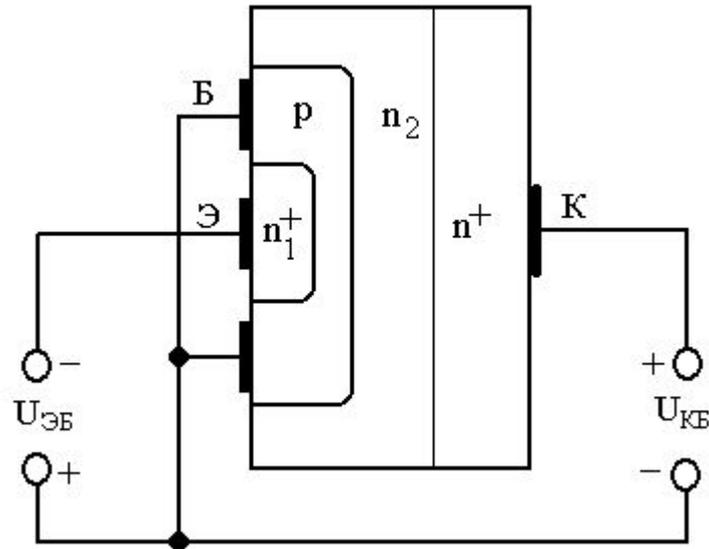


Биполярные транзисторы



Биполярным транзистором (БТ) называется трехэлектродный полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими p-n переходами, предназначенный для усиления электрических колебаний по току, напряжению или мощности.

Структура реального БТ

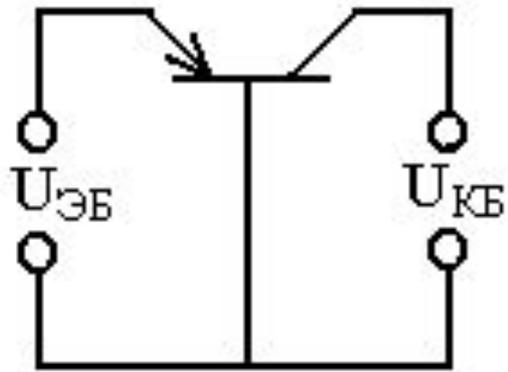


Сильнолегированная область с меньшей площадью (n_1^+) называется **эмиттером**

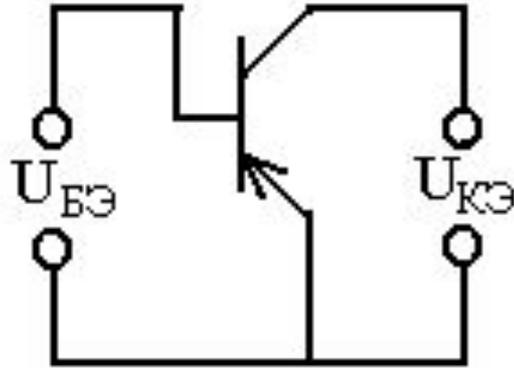
Область n_2 - **коллектором**.

Область (p) называется **базовой** (или базой)

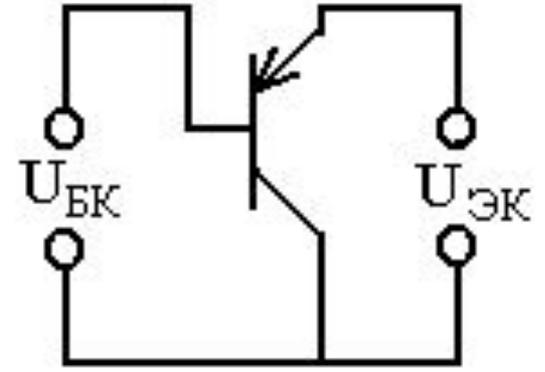
Схемы включения БТ



с общей базой (ОБ)



с общим эмиттером (ОЭ)



с общим коллектором (ОК)

Режимы работы БТ

В общем случае возможно четыре варианта полярностей напряжения переходов, определяющих четыре режима работы транзистора:

- **нормальный активный режим,**
- **инверсный активный режим,**
- **режим насыщения (или режим двухсторонней инжекции),**
- **режим отсечки.**

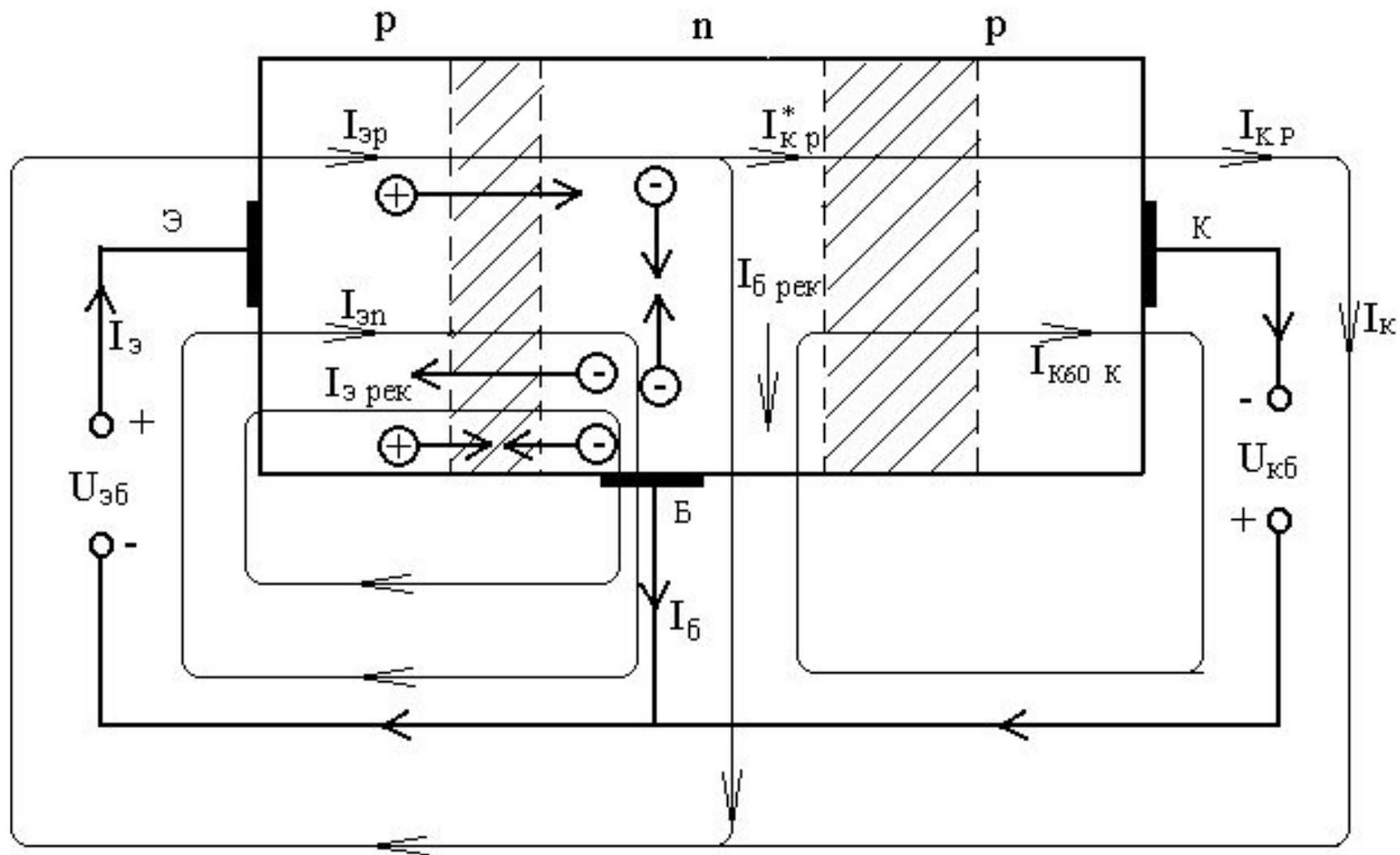
В **нормальном активном режиме** (НАР) на эмиттерном переходе действует прямое напряжение (напряжение эмиттер - база $U_{ЭБ}$), а на коллекторном переходе - обратное (напряжение коллектор - база $U_{КБ}$).

Если на коллекторный переход подать прямое напряжение $U_{КБ}$, а на эмиттерный - обратное $U_{ЭБ}$, то такой режим работы называется **инверсным активным режимом** (ИАР).

Режим работы, когда напряжения на эмиттерном и коллекторном переходах являются прямыми одновременно, называют **режимом двухсторонней инжекции** (РДИ) или **режимом насыщения** (РН)

Режим, когда на обоих переходах одновременно действуют обратные напряжения, называют **режимом отсечки** (РО), так как в этом случае через переходы протекают малые обратные токи.

Физические процессы в БТ.



Физические процессы в БТ.

В нормальном активном режиме (НАР) на эмиттерном переходе действует прямое напряжение $U_{ЭБ}$. Поэтому прямой ток перехода

$$I_{\text{Э}} = I_{\text{Эр}} + I_{\text{Эн}} + I_{\text{Эрек}}$$

где $I_{\text{Эр}}$, $I_{\text{Эн}}$ - инжекционные токи дырок (из эмиттера в базу) и электронов (из базы в эмиттер), а $I_{\text{Эрек}}$ - составляющая тока, вызванная рекомбинацией в переходе тех дырок и электронов, энергия которых недостаточна для преодоления потенциального барьера

Эффективность работы эмиттерного перехода учитывается коэффициентом инжекции эмиттера

$$\gamma_{\text{Э}} = I_{\text{Эр}} / I_{\text{Э}} = I_{\text{Эр}} / (I_{\text{Эр}} + I_{\text{Эн}} + I_{\text{Эрек}})$$

Физические процессы в БТ.

Ток подходящих к коллекторному переходу дырок

$$I_{Kp}^* = I_{\text{Э}p} - I_{B\text{рек}}$$

Относительные потери на рекомбинацию в базе учитывают коэффициентом переноса:

$$\chi_B = I_{Kp}^* / I_{\text{Э}p} = (1 - I_{B\text{рек}} / I_{\text{Э}p}) < 1$$

Ток за коллекторным

переходом:*

$$I_{Kp} = I_{Kp}^* = I_{\text{Э}p} - I_{B\text{рек}}$$

Физические процессы в БТ.

$$I_{Kp} = \chi_B I_{\text{э}p} = \gamma_{\text{э}} \chi_B I_{\text{э}} = \alpha I_{\text{э}}$$

$$\alpha = \gamma_{\text{э}} \chi_B = I_{Kp} / I_{\text{э}}$$

Отношение дырочной составляющей коллекторного тока к полному току эмиттера называется статическим коэффициентом передачи тока эмиттера

Полный ток коллектора:

$$I_K = I_{Kp} + I_{KBO} = \alpha I_{\text{э}} + I_{KBO}$$

Обычно используемое выражение для статического коэффициента передачи тока

$$\alpha = (I_K - I_{KBO}) / I_{\text{э}}$$

$$\alpha \approx I_K / I_{\text{э}}$$

Связь тока базы с током

эмиттера

$$I_B = (1 - \alpha) I_E - I_{КБ0}$$

При $I_E = 0$ (холостой ход)

$$I_B = -I_{КБ0}$$

связь I_K с I_B

$$I_K = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{I_{КБ0}}{1 - \alpha} = \beta I_B + (\beta + 1) I_{КБ0}$$

$$\beta = \alpha / (1 - \alpha)$$

статический коэффициент передачи тока базы

$$\beta = (I_K - I_{КБ0}) / (I_B + I_{КБ0})$$

значение тока коллектора при нулевом токе базы ($I_B = 0$)

$$I_{КЭ0} = I_{КБ0} / (1 - \alpha) = (\beta + 1) I_{КБ0}$$

$$I_K = \beta I_B + I_{КЭ0}$$