

Тема: Биполярные транзисторы

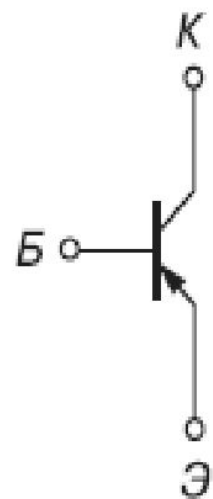
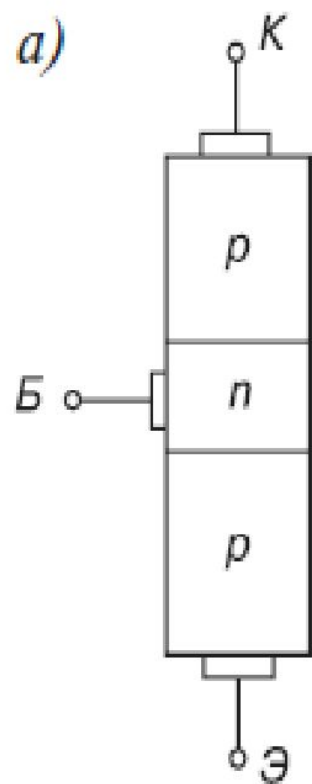
Транзистор — это полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления, генерирования, преобразования электрических сигналов, а также переключения электрических импульсов в электронных цепях различных устройств.

Различают биполярные транзисторы, в которых используются кристаллы n и p типа, и полевые (униполярные) транзисторы, изготовленные на кристалле германия или кремния с одним типом проводимости.

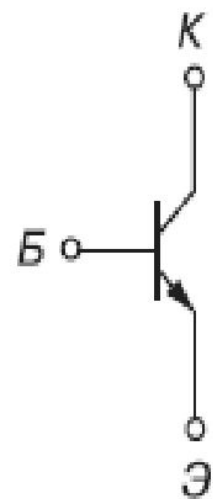
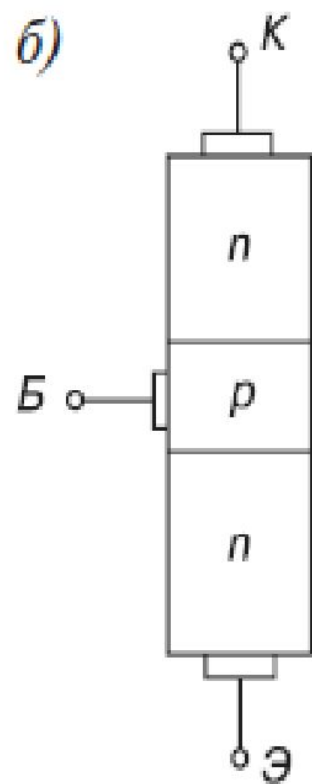
Биполярные транзисторы

Биполярные транзисторы — это полупроводниковые приборы, выполненные на кристаллах со структурой $p-n-p$ типа (a) или $n-p-n$ типа с тремя выводами, связанными с тремя слоями (областями): коллектор (K), база (B) и эмиттер (\mathcal{E})

а)



б)



База Б — это средний тонкий слой, служащий для смещения эмиттерного и коллекторного переходов. Толщина базы должна быть меньше длины свободного пробега носителей заряда.

Эмиттер Э — наружный слой, источник носителей заряда с высокой концентрацией носителей, значительно бóльшей, чем в базе.

Второй наружный слой *К*, принимающий носителей заряда, называют *коллектором*.

Ток в таком транзисторе определяется движением зарядов двух типов: электронов и дырок. Отсюда его название — *биполярный транзистор*.

Физические процессы в транзисторах *pnp* типа и *npn* типа одинаковы. Отличие их в том, что токи в базах транзисторов *p-n-p* типа переносятся основными носителями зарядов — дырками, а в транзисторах *n-p-n* типа — электронами.

Каждый из переходов транзистора — эмиттерный (БЭ) и коллекторный (БК) можно включить либо в прямом, либо в обратном направлении. В зависимости от этого различают три режима работы транзистора:

- *режим отсечки* — оба перехода закрыты, при этом через транзистор протекает сравнительно небольшой ток I_0 , обусловленный неосновными носителями зарядов;

- *режим насыщения* — оба р-п перехода открыты;
- *активный режим* — один из р-п переходов открыт, а другой закрыт.

В режимах отсечки и насыщения управление транзистором практически отсутствует. В активном режиме транзистор выполняет функцию активного элемента электрических схем усиления сигналов, генерирования колебаний, переключения и т. п.

Если на эмиттерном переходе напряжение прямое, а на коллекторном обратное, то такое включение транзистора считают нормальным, при противоположной полярности напряжений — инверсным.

Классификация биполярных транзисторов

Биполярные транзисторы *классифицируют*:

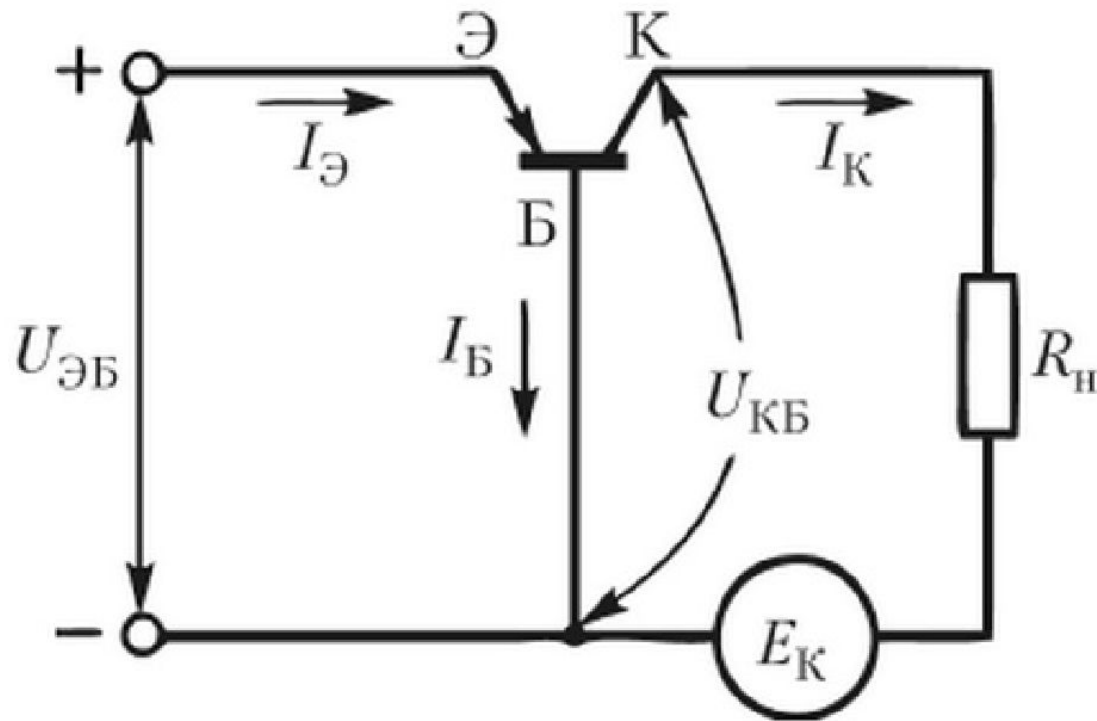
- по мощности рассеяния (маломощные (до 0,3 Вт), средней мощности (от 0,3 Вт до 1,5 Вт) и мощные (свыше 1,5 Вт));
- по частотным свойствам (низкочастотные (до 3 МГц), средней частоты (330 МГц), высокой (30300 МГц) и сверхвысокой частоты (более 300 МГц));
- по назначению: универсальные, усилительные, генераторные, переключательные и импульсные

Маркировка биполярных транзисторов

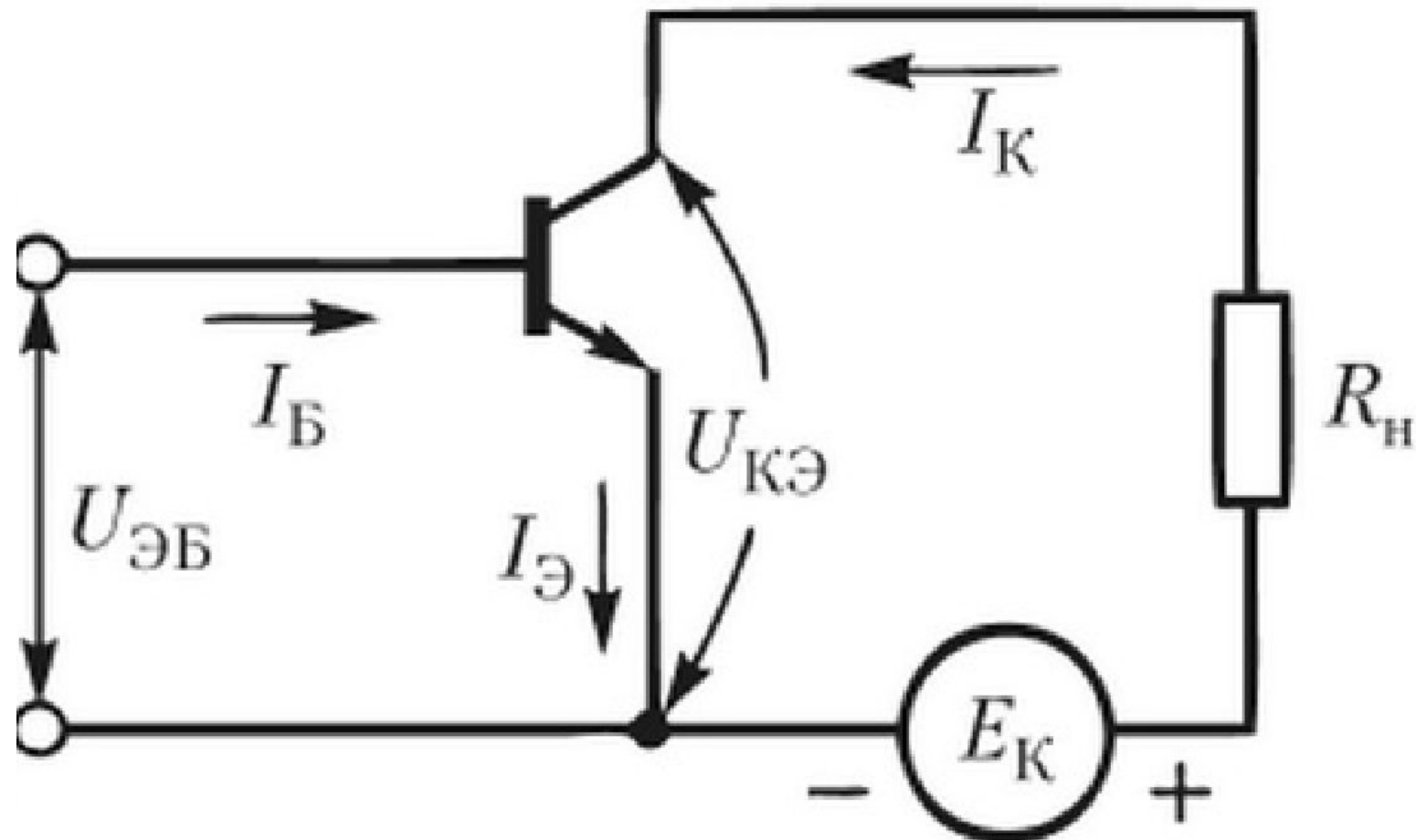
При маркировке биполярных транзисторов вначале записывают букву или цифру, указывающую на исходный полупроводниковый материал: Г или 1 — германиевый, К или 2 — кремниевый; затем цифру от 1 до 9 (1, 2 или 3 — низкочастотные, 4, 5 или 6 — высокой частоты, 7, 8 или 9 — сверхвысокой частоты соответственно в каждой группе малой, средней или большой мощности). Следующие две цифры от 01 до 99 — порядковый номер разработки, а в конце буква (от А и выше) указывает на параметрическую группу прибора, например, на напряжение питания транзистора и т. п.

- Например, транзистор ГТ109Г: низкочастотный германиевый, малой мощности

Схемы включения биполярных транзисторов



0. Схема включения транзистора с общей базой



a

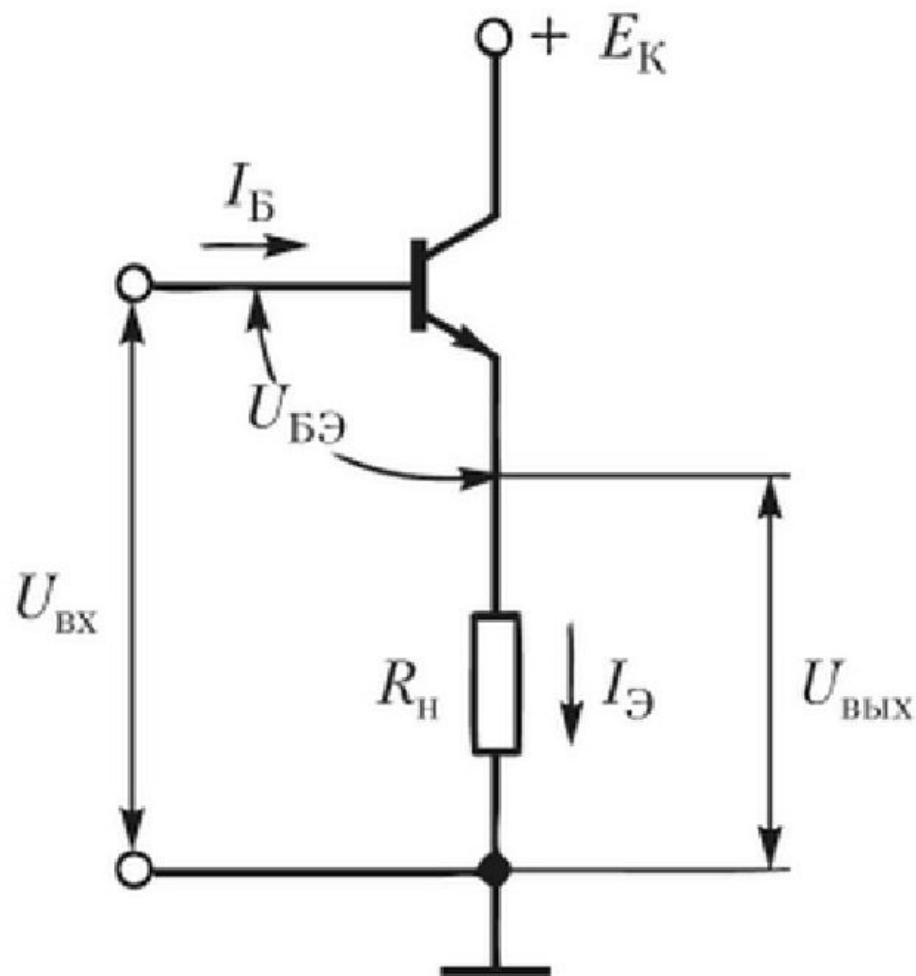
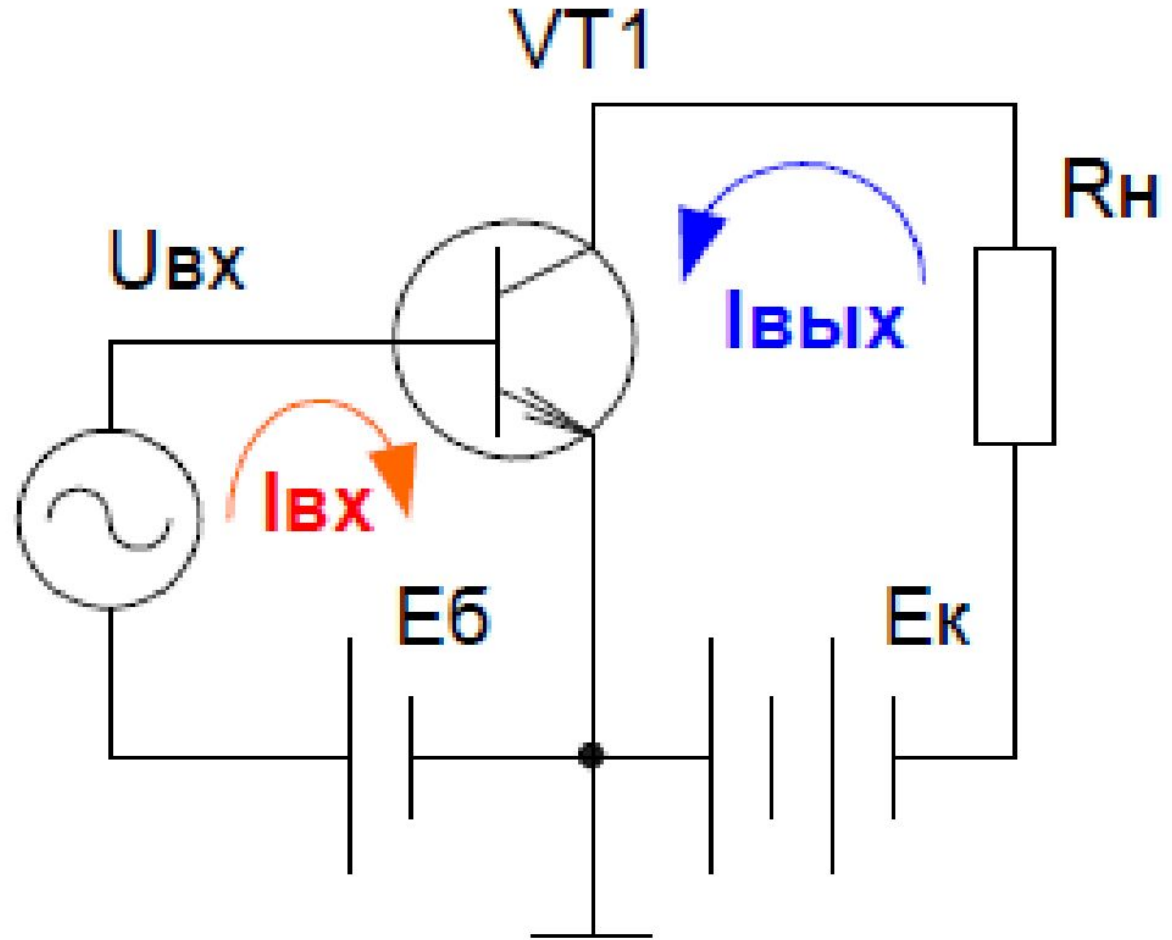


рис. 1.13. **Схема включения транзистора с общим коллектором**

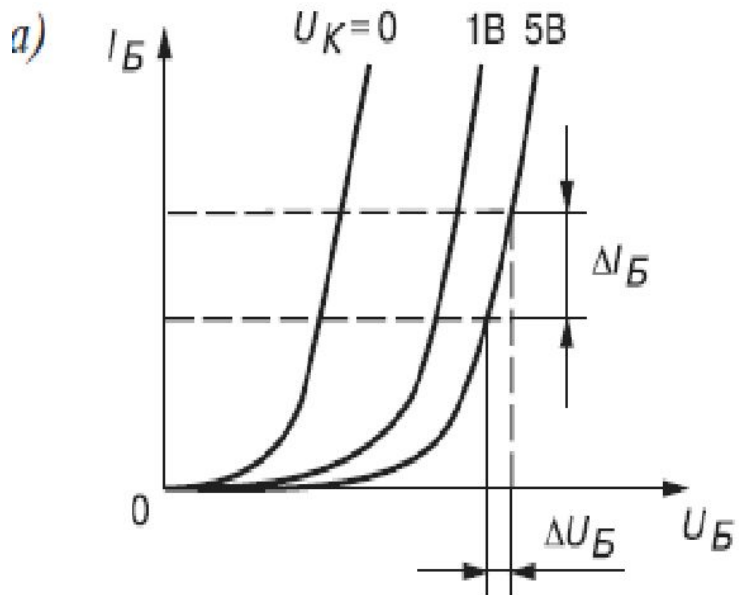
В практических устройствах электроники наиболее широкое распространение получила схема с общим эмиттером



Статические входные и выходные характеристики транзистора

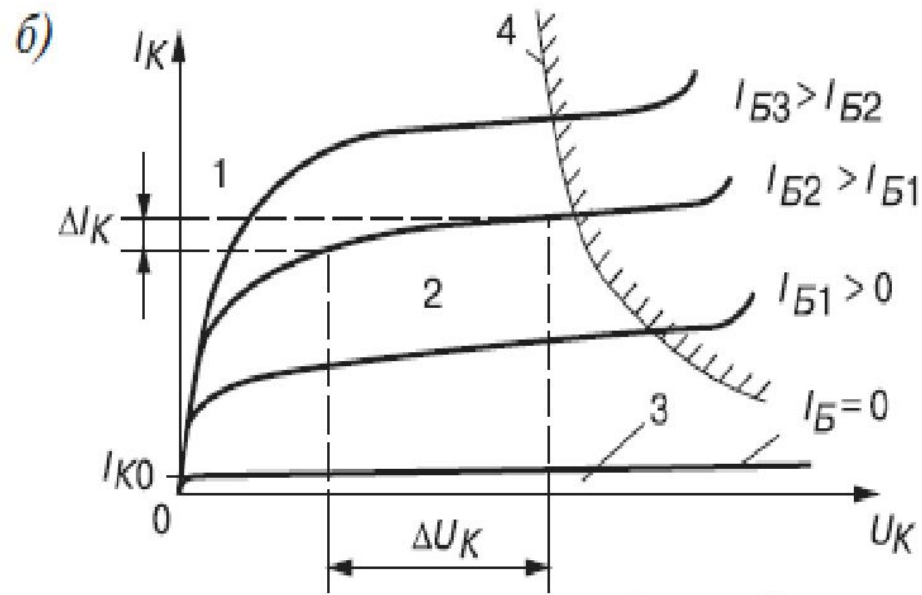
Работу схемы обычно описывают с помощью входных и выходных характеристик транзистора в той или иной схеме включения. Для схемы с ОЭ входная характеристика — это зависимость входного тока от напряжения на входе схемы, т.е. $I_B = f(U_{БЭ})$ при фиксированных значениях напряжения коллектор — эмиттер ($U_{КЭ} = \text{const}$).

Выходные характеристики — это зависимости выходного тока, т.е. тока коллектора, от падения напряжения между коллектором и эмиттером транзистора $I_K = f(U_{БЭ})$ при токе базы $I_B = \text{const}$.



$$R_{вх} = \Delta U_B / \Delta I_B$$

при $U_K = const$



$$R_{вых} = \Delta U_K / \Delta I_K$$

при $U_B = const$

- 1 - область насыщения
- 2 - активная область
- 3 - область отсечки
- 4 - допустимая граница использования по мощности

Для оценки работы транзистора и его усилительных свойств в различных схемах включения рассматривают приращения входных и вызванные ими приращения выходных величин. Рассматривая транзистор как усилитель, принято характеризовать его свойства *коэффициентами усиления* и значением *входного сопротивления*. Различают три вида коэффициентов усиления:

- коэффициент усиления по току $K_I = \Delta I_{\text{ВЫХ}} / \Delta I_{\text{ВХ}}$;
- коэффициент усиления по напряжению $K_U = \Delta U_{\text{ВЫХ}} / \Delta U_{\text{ВХ}}$;
- коэффициент усиления по мощности $K_P = K_I \cdot K_U$.

Технологии изготовления биполярных транзисторов

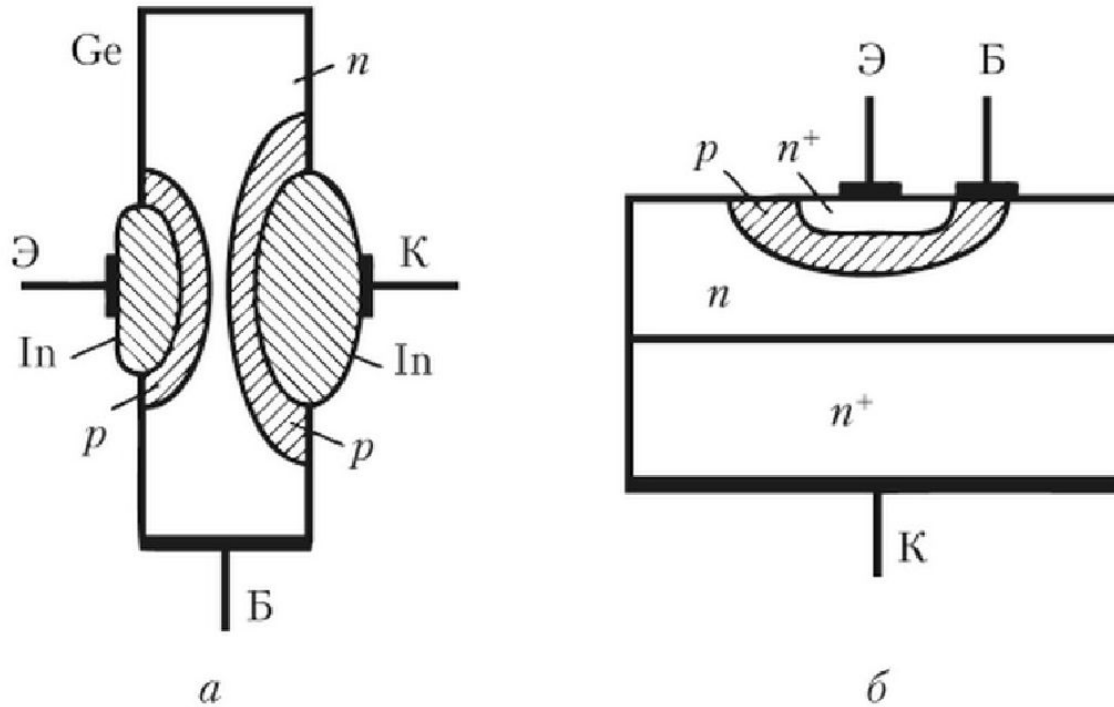


Рис. 1.14. Устройство биполярного транзистора:
а — сплавленного; б — планарно-диффузионного