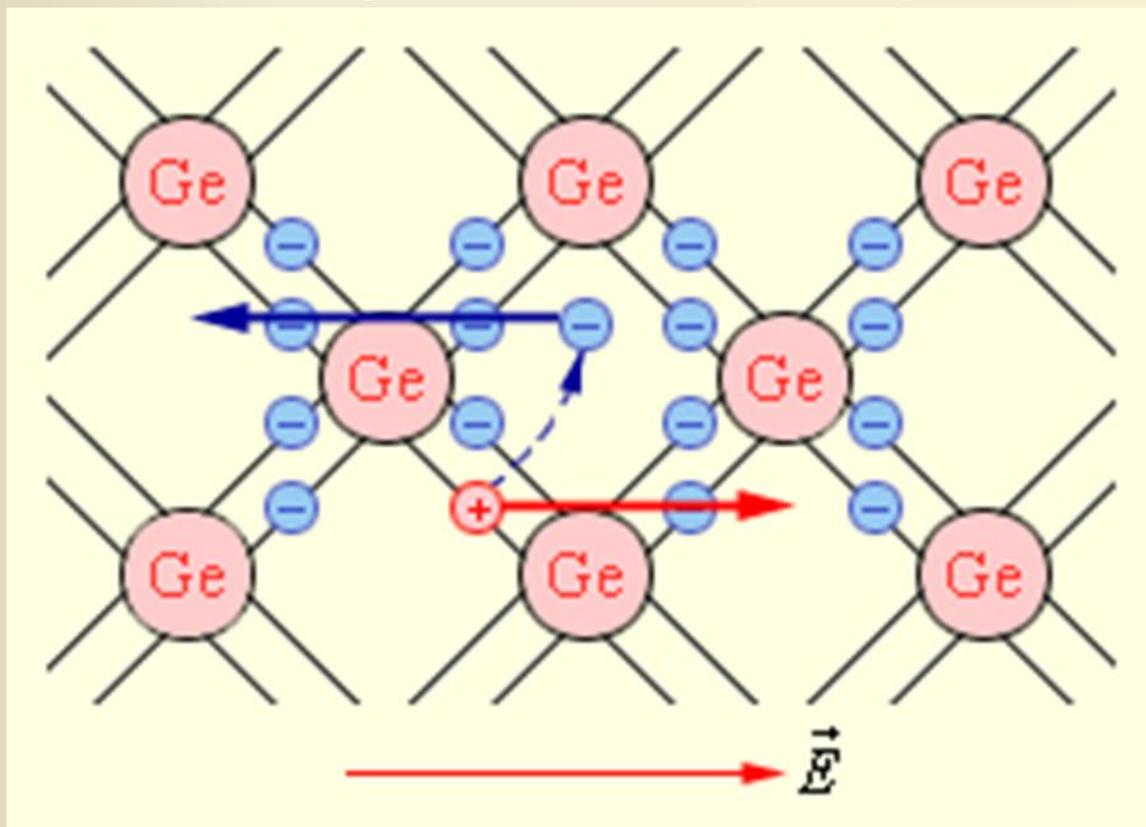
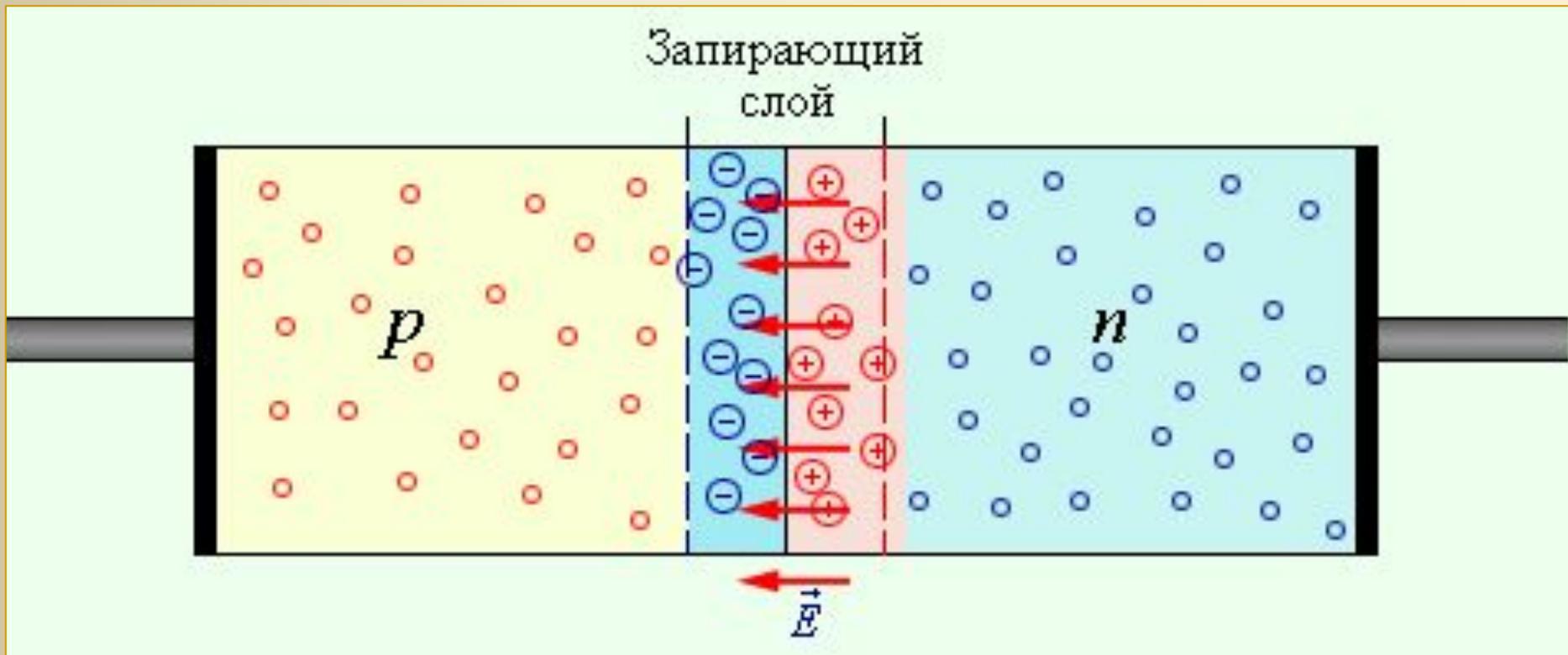


Электронно-дырочный переход. Транзистор



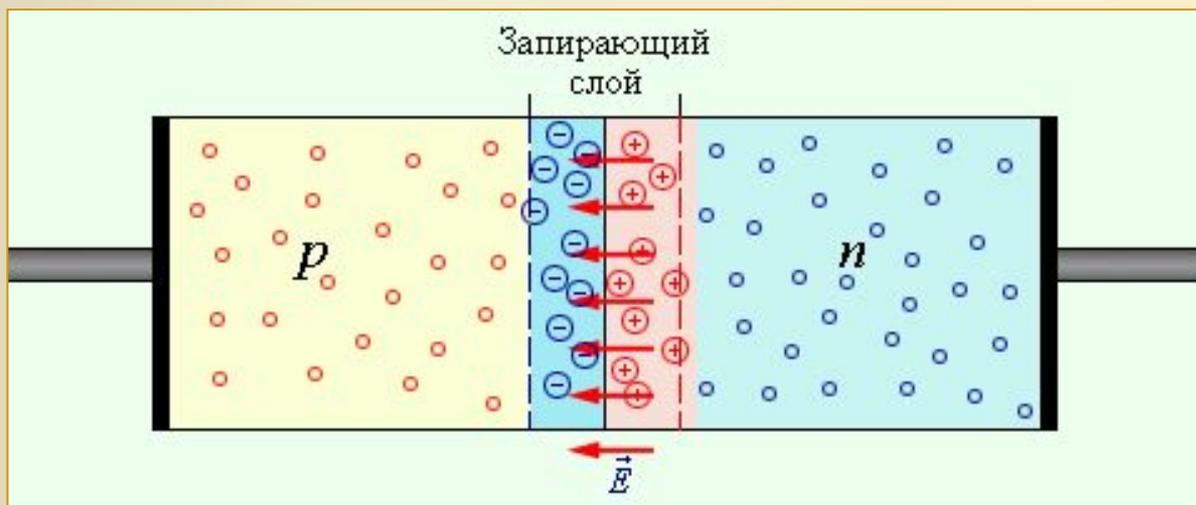
Электронно-дырочный переход (или *n-p*-переход) – это область контакта двух полупроводников с разными типами проводимости.

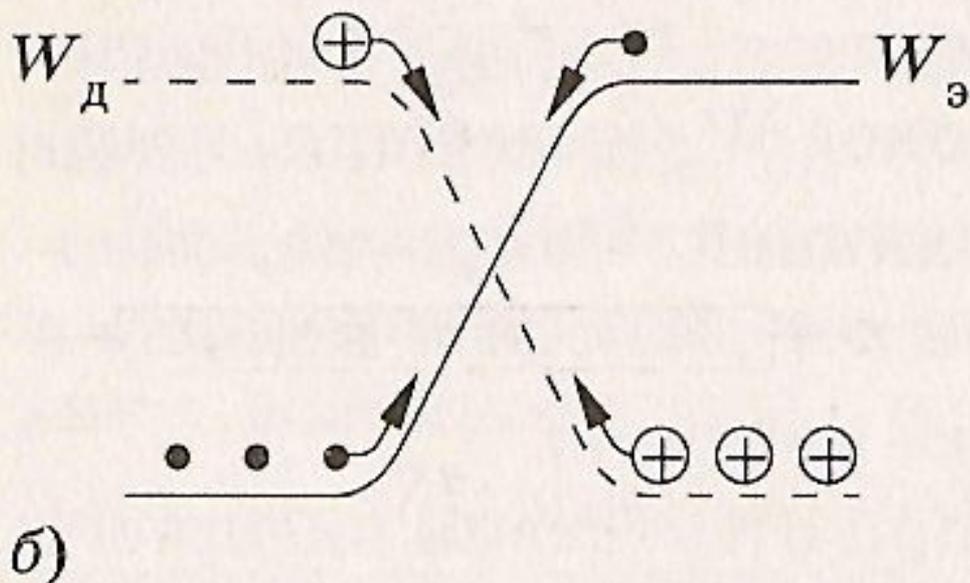
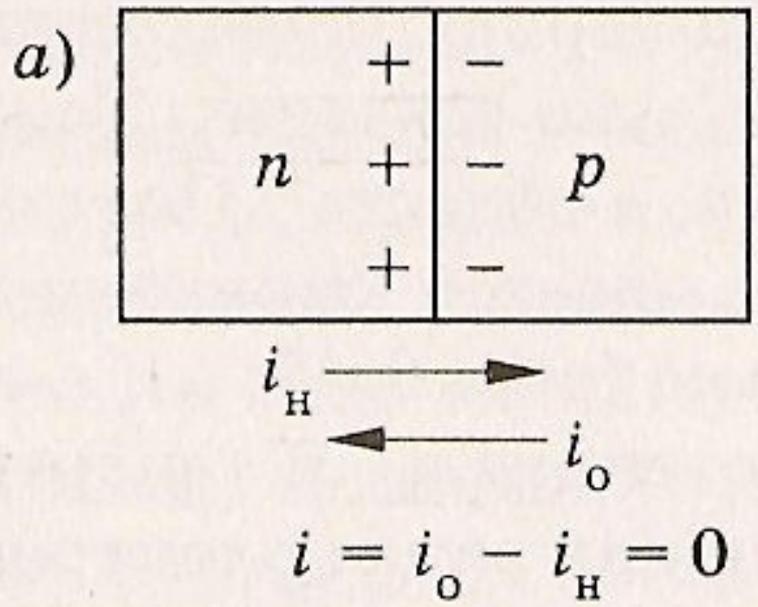
На границе полупроводников образуется двойной электрический слой, электрическое поле которого препятствует процессу диффузии электронов и дырок навстречу друг другу.



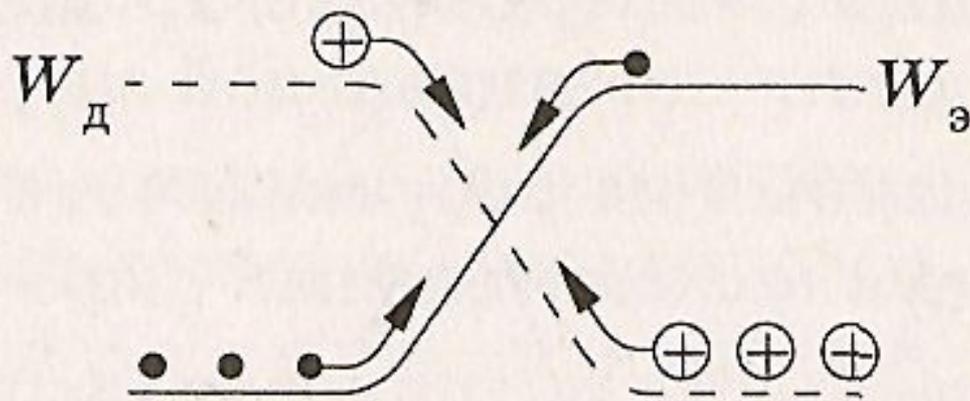
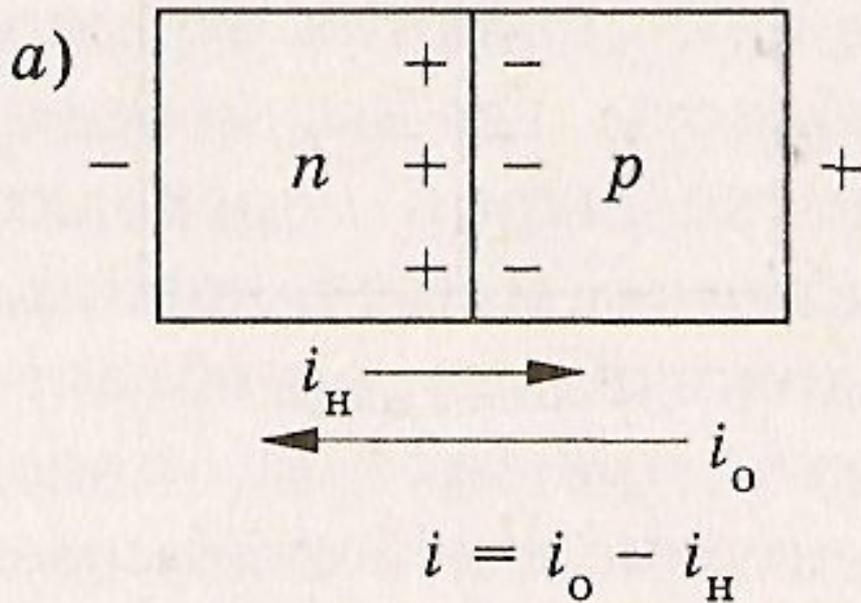
Пограничная область раздела полупроводников с разными типами проводимости (**запирающий слой**) обычно достигает толщины **порядка десятков и сотен межатомных расстояний**.

Объемные заряды этого слоя создают между p - и n -областями запирающее напряжение U_z , приблизительно равное $0,35\text{ В}$ для германиевых p - n -переходов и $0,6\text{ В}$ для кремниевых.

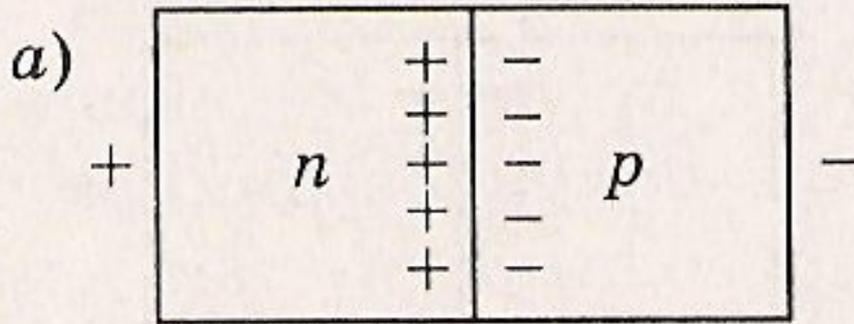




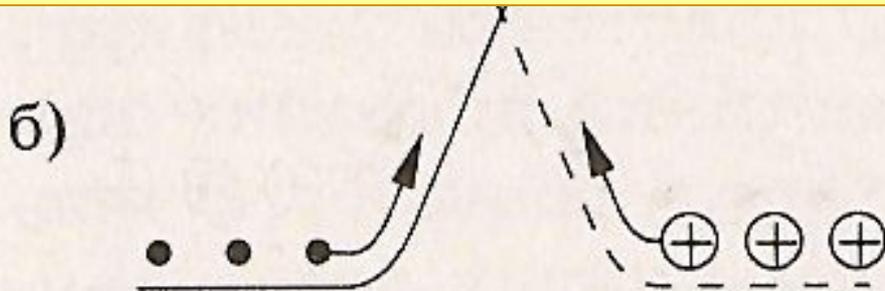
В условиях теплового равновесия при отсутствии внешнего электрического напряжения полная сила тока через электронно-дырочный переход равна нулю.



Дырки из p -области и электроны из n -области, двигаясь навстречу друг другу, будут пересекать n - p -переход, создавая ток в **прямом** направлении. Сила тока через n - p -переход в этом случае будет возрастать при увеличении напряжения источника.



Напряжение,
 поданное на n - p -
 переход в этом
 случае называют
обратным.



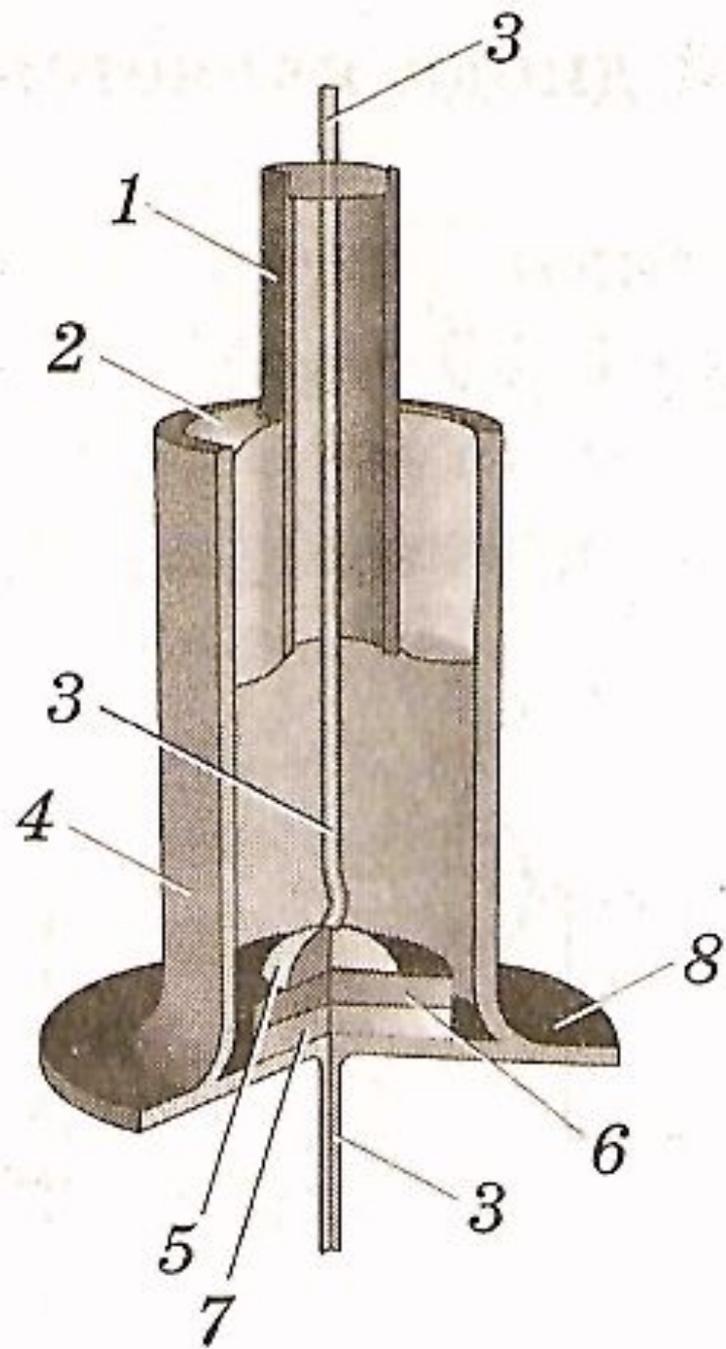
Весьма
 незначительный
 обратный ток
 обусловлен только
 собственной
 проводимостью
 полупроводниковых
 материалов, т. е.
 наличием
 небольшой
 концентрации
 свободных
 электронов в
 p -области и дырок в
 n -области.

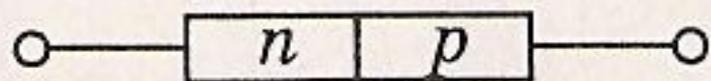
Способность n – p -перехода пропускать ток практически только в одном направлении используется в приборах, которые называются ***полупроводниковыми диодами.***

Полупроводниковые диоды изготавливаются из кристаллов кремния или германия. При их изготовлении в кристалл с каким-либо типом проводимости вплавляют примесь, обеспечивающую другой тип проводимости.

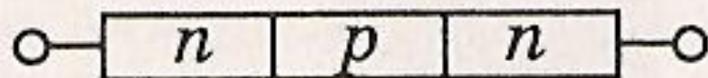
Полупроводниковые диоды обладают многими преимуществами по сравнению с вакуумными диодами – малые размеры, длительный срок службы, механическая прочность. Существенным недостатком полупроводниковых диодов является зависимость их параметров от температуры. Кремниевые диоды, например, могут удовлетворительно работать только в диапазоне температур от -70 °C до 80 °C. У германиевых диодов диапазон рабочих температур несколько шире.



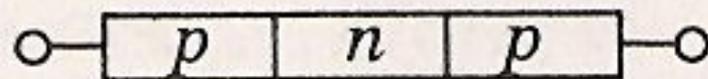




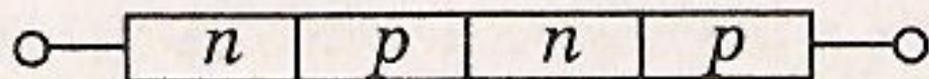
а)



или



б)



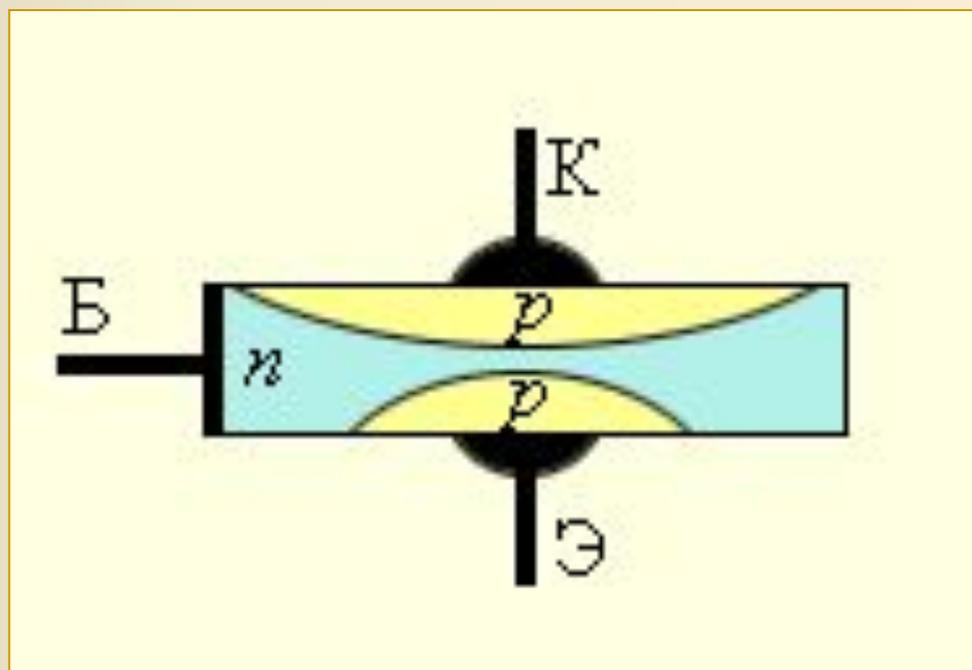
в)

Полупроводниковые приборы не с одним, а с двумя n – p -переходами называются ***транзисторами***.

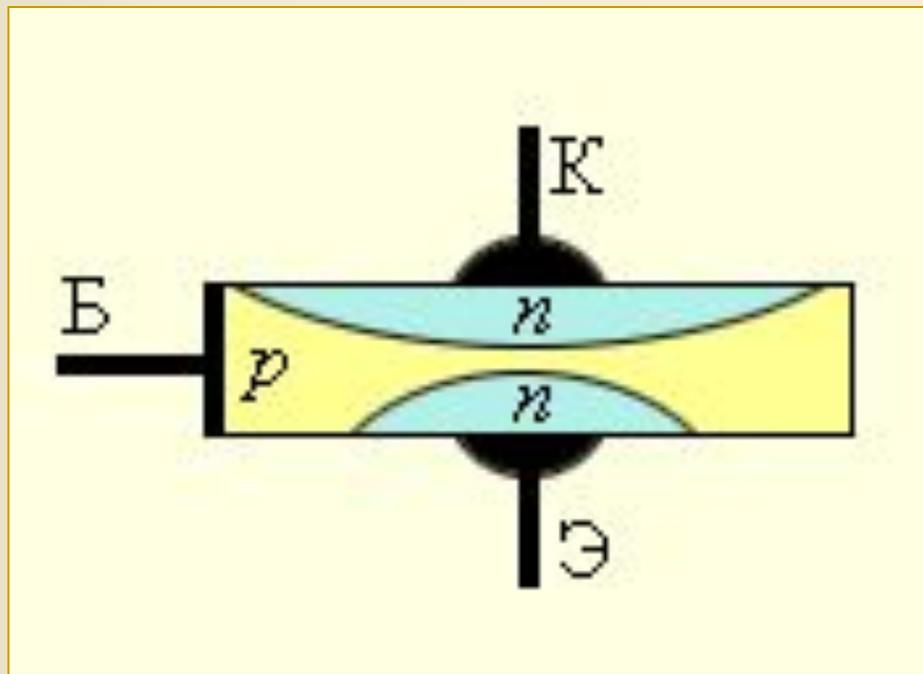
Название происходит от сочетания английских слов:
transfer – переносить и
resistor – сопротивление.

Обычно для создания транзисторов используют германий и кремний. Транзисторы бывают двух типов: p – n – p -транзисторы и n – p – n -транзисторы.

Германиевый **транзистор $p-n-p$ -типа** представляет собой небольшую пластинку из германия с донорной примесью, т. е. из полупроводника n -типа. В этой пластинке создаются две области с акцепторной примесью, т. е. области с дырочной проводимостью.

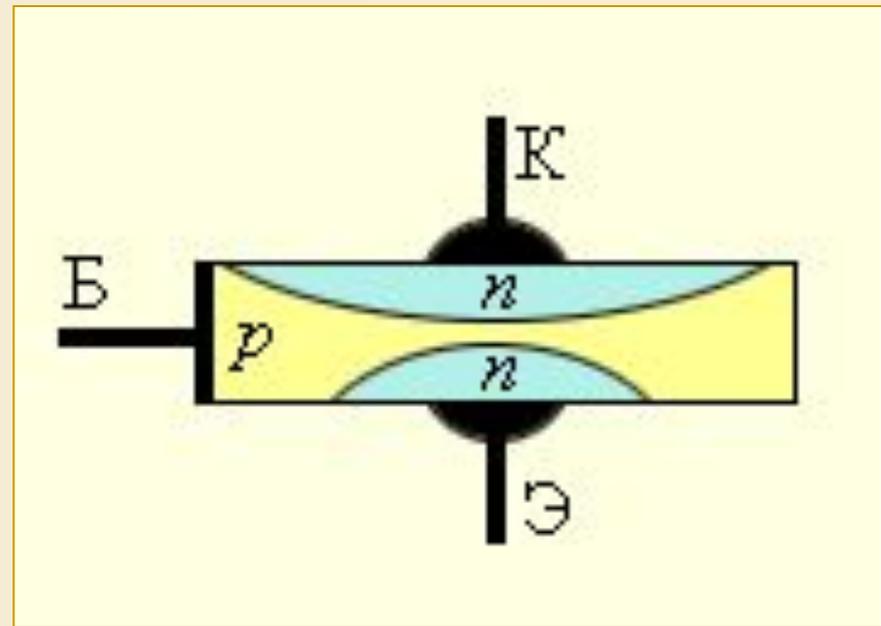
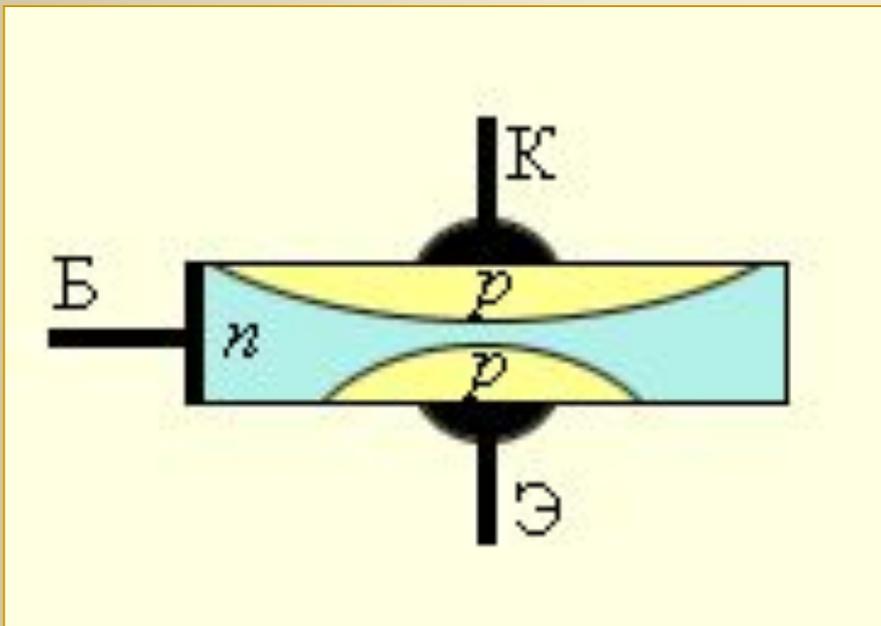


В **транзисторе $n-p-n$ -типа** основная германиевая пластинка обладает проводимостью p -типа, а созданные на ней две области – проводимостью n -типа.

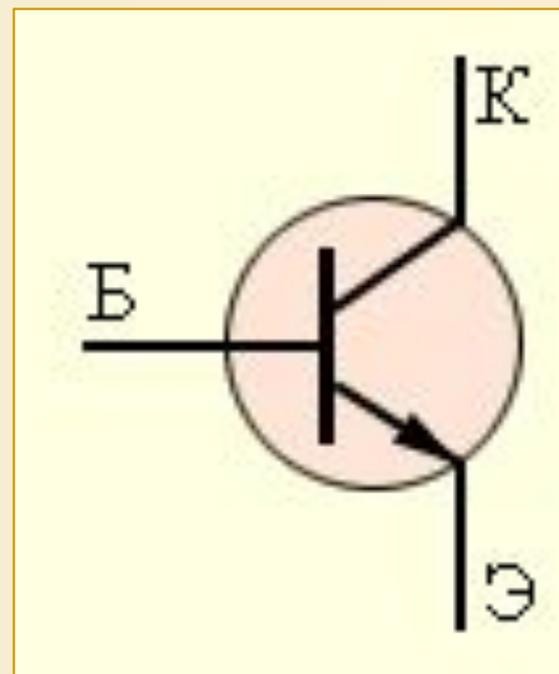
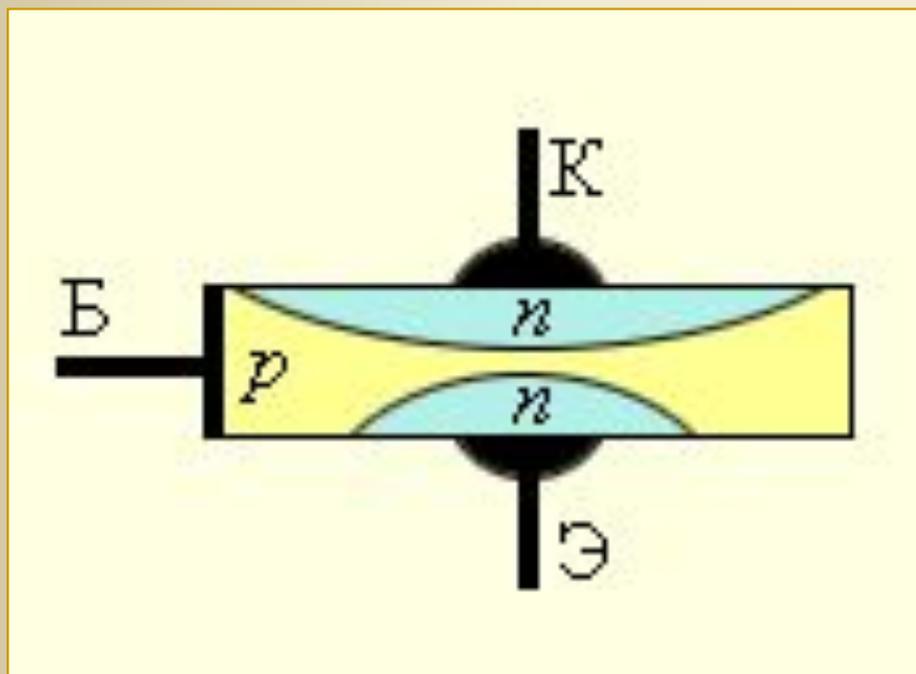


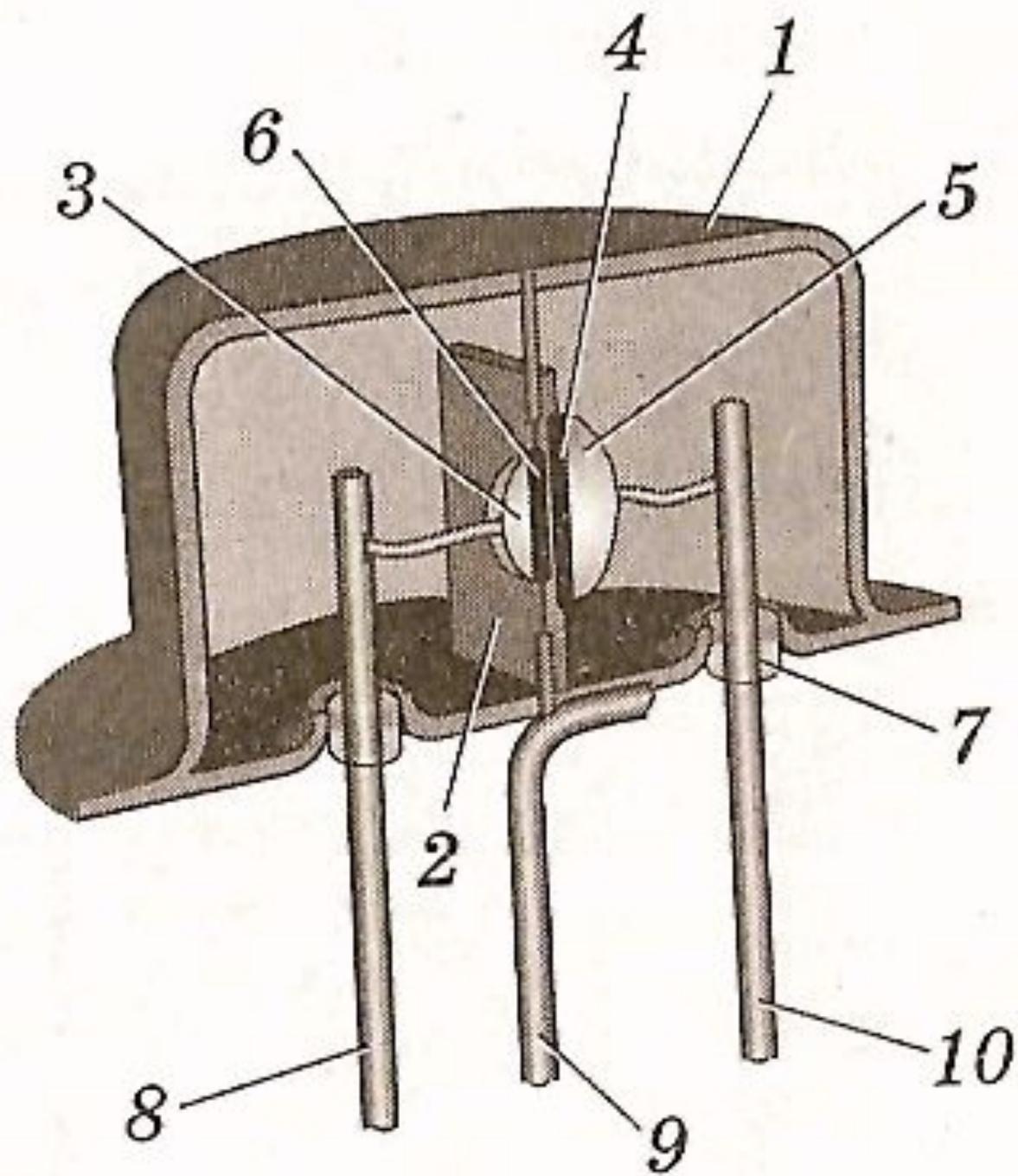
Пластинку транзистора называют **базой (Б)**, одну из областей с противоположным типом проводимости – **коллектором (К)**, а вторую – **эмиттером (Э)**.

Обычно объем коллектора превышает объем эмиттера.

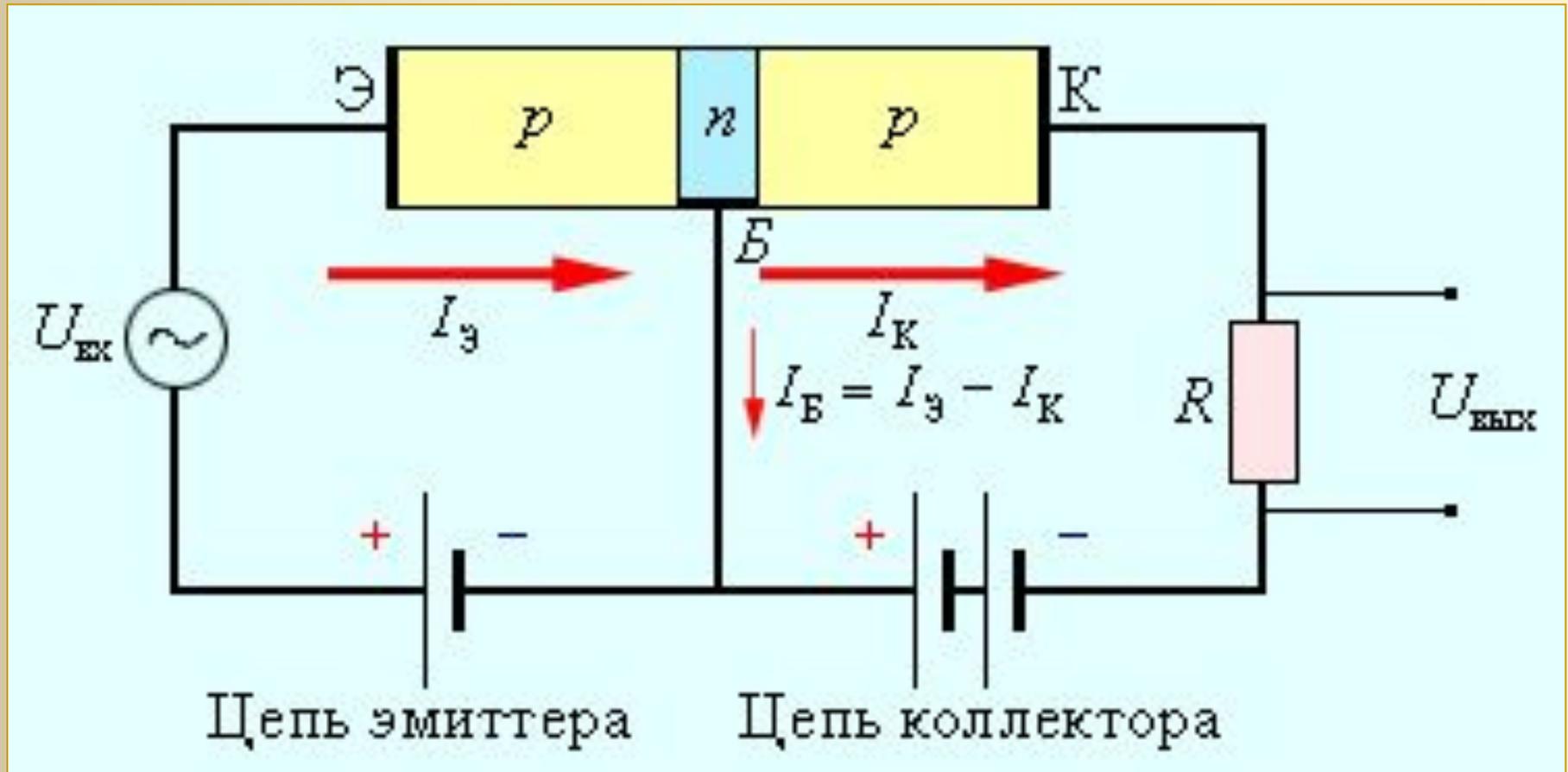


В условных обозначениях разных структур стрелка эмиттера показывает направление тока через транзистор.



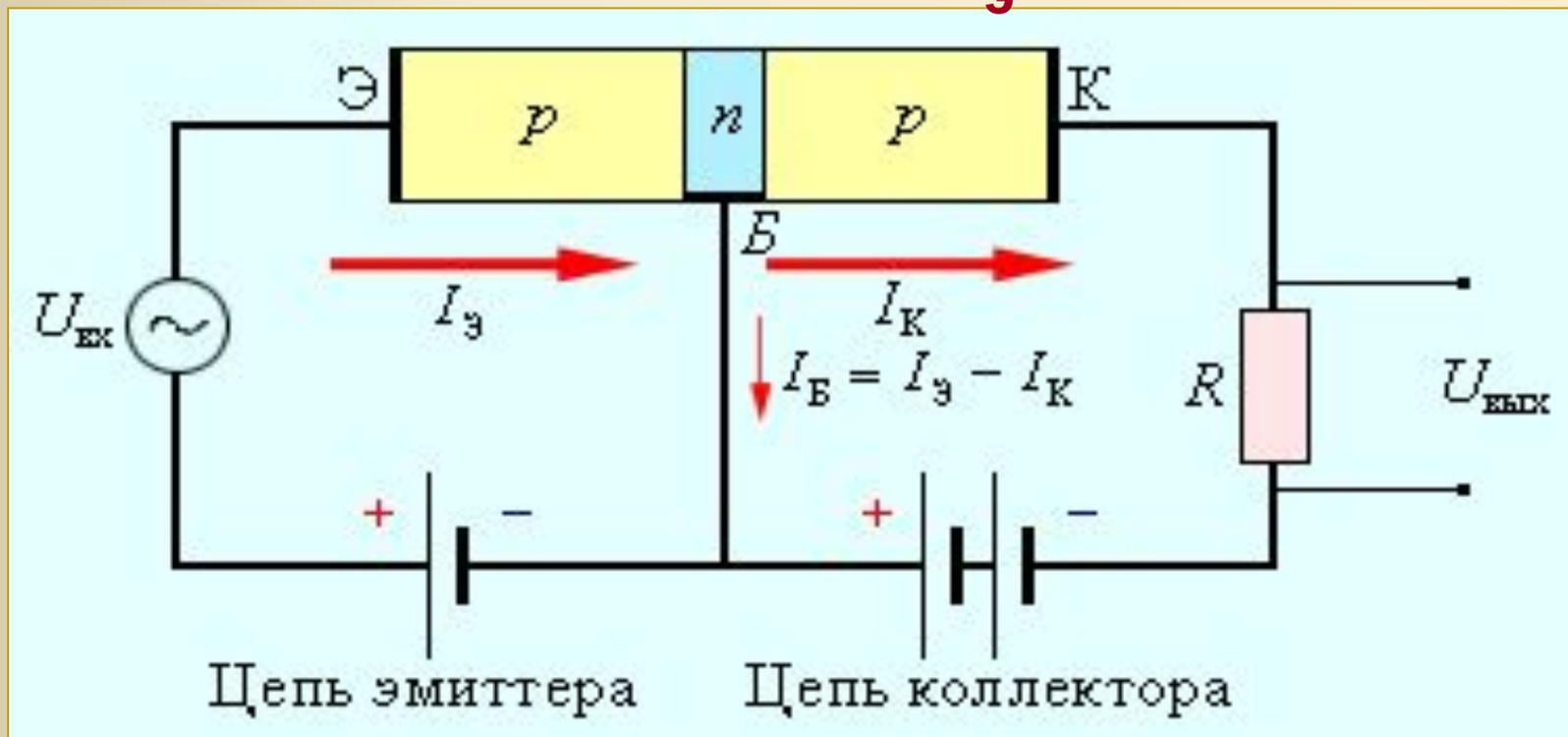


Включение в цепь транзистора $p-n-p$ -структуры



Переход «эмиттер–база» включается в **прямом** (пропускном) направлении (цепь эмиттера), а переход «коллектор–база» – в **запирающем** направлении (цепь коллектора).

При замыкании цепи эмиттера дырки – основные носители заряда в эмиттере – переходят из него в базу, создавая в этой цепи ток $I_э$.

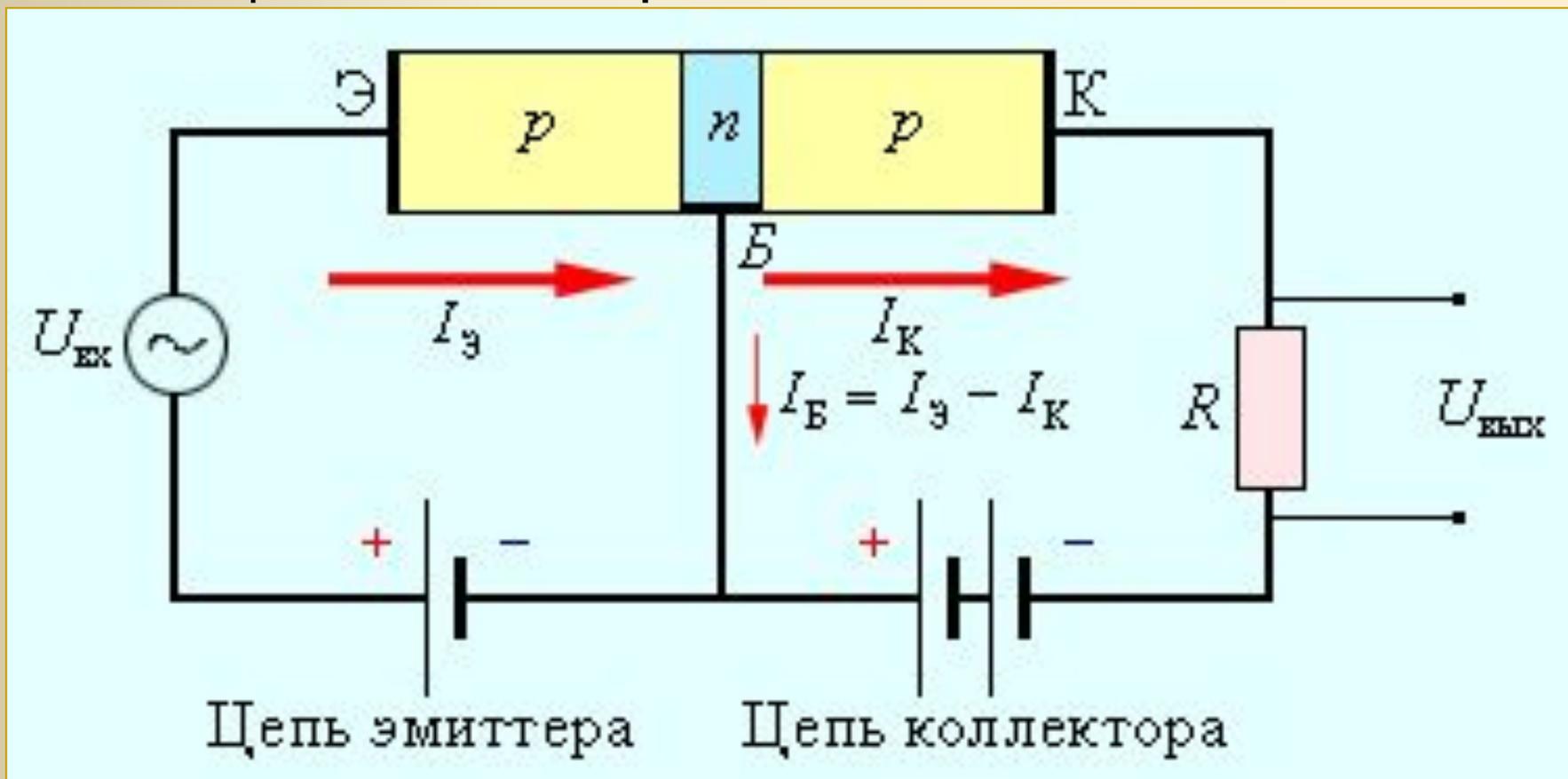


Но для дырок, попавших в базу из эмиттера, n - p -переход в цепи коллектора открыт.

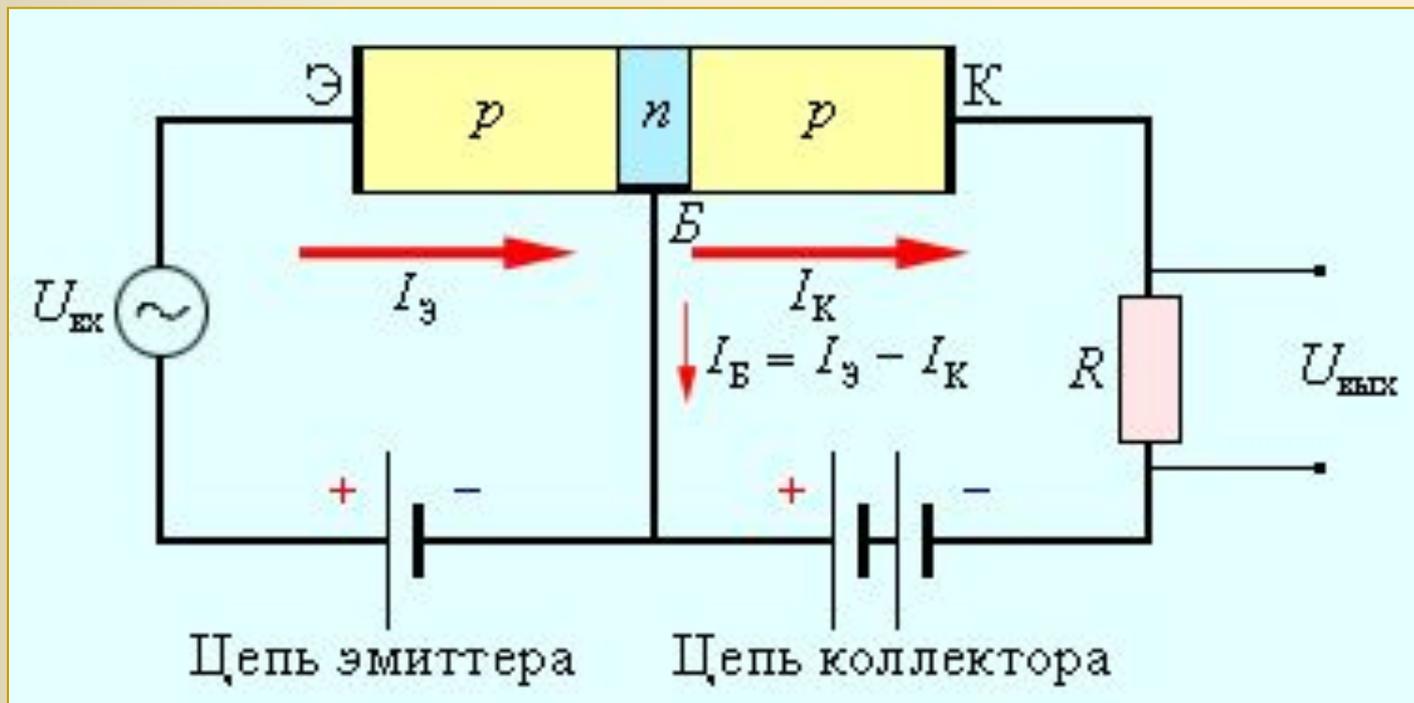
Большая часть дырок захватывается полем этого перехода и проникает в коллектор, создавая ток $I_к$.

Для того, чтобы ток коллектора был практически равен току эмиттера, **базу транзистора делают в виде очень тонкого слоя.**

При изменении тока в цепи эмиттера изменяется сила тока и в цепи коллектора.



Если в цепь эмиттера включен источник переменного напряжения, то на резисторе R , включенном в цепь коллектора, также возникает переменное напряжение, амплитуда которого может во много раз превышать амплитуду входного сигнала. Следовательно, транзистор выполняет роль **усилителя переменного напряжения**.



Однако, такая схема усилителя на транзисторе является неэффективной, так как в ней отсутствует усиление сигнала по току, и через источники входного сигнала протекает весь ток эмиттера $I_{\text{э}}$.

В реальных схемах усилителей на транзисторах источник переменного напряжения включают так, чтобы через него протекал только небольшой ток базы

$$I_{\text{б}} = I_{\text{э}} - I_{\text{к}}$$

Малые изменения тока базы вызывают значительные изменения тока коллектора. Усиление по току в таких схемах может составлять несколько сотен.

В настоящее время полупроводниковые приборы находят исключительно широкое применение в радиоэлектронике.

Современная технология позволяет производить полупроводниковые приборы – диоды, транзисторы, полупроводниковые фотоприемники и т. д. – размером в несколько микрометров.

Качественно новым этапом электронной техники явилось развитие **микроэлектроники**, которая занимается разработкой интегральных микросхем и принципов их применения.

Интегральной микросхемой называют совокупность большого числа взаимосвязанных элементов – сверхмалых диодов, транзисторов, конденсаторов, резисторов, соединительных проводов, изготовленных в едином технологическом процессе на одном кристалле. Микросхема размером в 1 см² может содержать несколько сотен тысяч микроэлементов. *Применение микросхем привело к революционным изменениям во многих областях современной электронной техники. Это особенно ярко проявилось в области электронной вычислительной техники. На смену громоздким ЭВМ, содержащим десятки тысяч электронных ламп и занимавшим целые здания, пришли персональные компьютеры.*