



Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Кафедра: Конструирования и производства радиоэлектронных средств (КПРЭС)

Дисциплина: Компоненты электронной техники

# Раздел №6

# ТРАНЗИСТОРЫ

Старший преподаватель кафедры КПРЭС  
Капралов Дмитрий Дмитриевич

2020 г.

СПб ГУТ)))



# УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение.
2. Классификация.
3. Условно графическое обозначение в схемах.
4. Основные параметры.
5. Типы корпусов.

# ТРАНЗИСТОРЫ



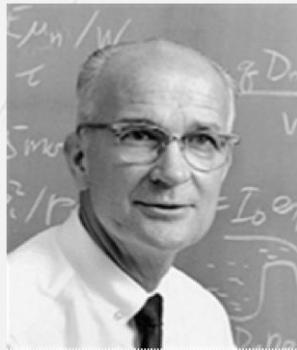
Первый в мире работающий транзистор



Бардин, Шокли и Браттейн в лаборатории Bell, 1948 г.



# Изобретатели транзисторов



- **Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн** получили Нобелевскую премию по физике. Первые патенты на принцип работы полевых транзисторов были зарегистрированы в Германии в 1928 году (в Канаде, 22 октября 1925 года) на имя австро-венгерского физика Юлия Эдгара Лилиенфельда. В 1934 году немецкий физик Оскар Хейл (англ. )русск. запатентовал полевой транзистор. Полевые транзисторы (в частности, МОП-транзисторы) основаны на простом электростатическом эффекте поля, по физике они существенно проще биполярных транзисторов, и поэтому они придуманы и запатентованы задолго до биполярных транзисторов. Тем не менее, первый МОП-транзистор, составляющий основу современной компьютерной индустрии, был изготовлен позже биполярного транзистора, в 1960 году. Только в 90-х годах XX века МОП-технология стала доминировать над биполярной.
- **Уильям Брэдфорд Шокли** (англ. William Bradford Shockley; 13 февраля 1910 года, Лондон - 12 августа 1989 года, Стенфорд) - американский физик, исследователь полупроводников, лауреат Нобелевской премии по физике 1956 года. В годы Второй мировой войны Шокли участвовал в создании американской школы исследования операций и в разработке тактики стратегических бомбардировок. В январе 1948 года Шокли изобрёл плоскостной биполярный транзистор, а затем создал научную теорию, объяснявшую его работу. В 1956 году Шокли основал названную его именем лабораторию, которая стала одним из истоков Кремниевой долины. Шокли сочетались талант теоретика и преподавателя, культ собственного интеллекта и тела, неукротимая тяга к соперничеству и глухота к мнениям и интересам других людей.
- **Джон Бардин** (англ. John Bardeen, 23 мая 1908, Мэдисон, Висконсин, США - 30 января 1991, Бостон, Массачусетс, США) - американский физик, один из четырех человек, получивших две нобелевские премии по физике: в 1956 г. за транзистор совместно с Уильямом Брэдфордом Шокли и Уолтером Браттейном и в 1972 г. за основополагающую теорию обычных сверхпроводников совместно с Леоном Нилом Купером и Джоном Робертом Шриффером. Сейчас эта теория называется теорией Бардина-Купера - Шриффера, или просто БКШ-теория (в русскоязычном произношении в фамилии Бардин ударение часто ошибочно ставится на первом слоге, по аналогии с фамилией известного русского металлурга Ивана Бардина).

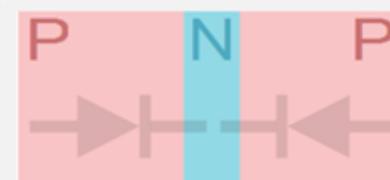


**ТРАНЗИСТОР** это трехэлектродный полупроводниковый прибор с двумя взаимодействующими электронно-дырочными переходами. Он представляет собой трехслойный полупроводниковый монокристалл с чередующимся типом электропроводности.

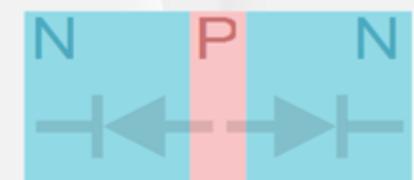
**ТРАНЗИСТОРАМИ** называют трехэлектродные полупроводниковые приборы, предназначенные для преобразования электрических сигналов. Термин «транзистор» происходит от комбинации английских слов «transfer of resistor», что в переводе означает «преобразователь сопротивления».

**ТРАНЗИСТОРОМ** называется электропреобразовательный полупроводниковый прибор с одним или несколькими электронно-дырочными переходами, пригодный для усиления мощности и имеющий три или более выводов. Действие транзистора основано на управлении движением носителей электрических зарядов в полупроводниковом кристалле.

**ТРАНЗИСТОР** это полупроводниковый прибор с тремя и более выводами, с двумя и более р-п-переходом и предназначенный для усиления, генерирования, преобразования и переключения электрических колебаний.

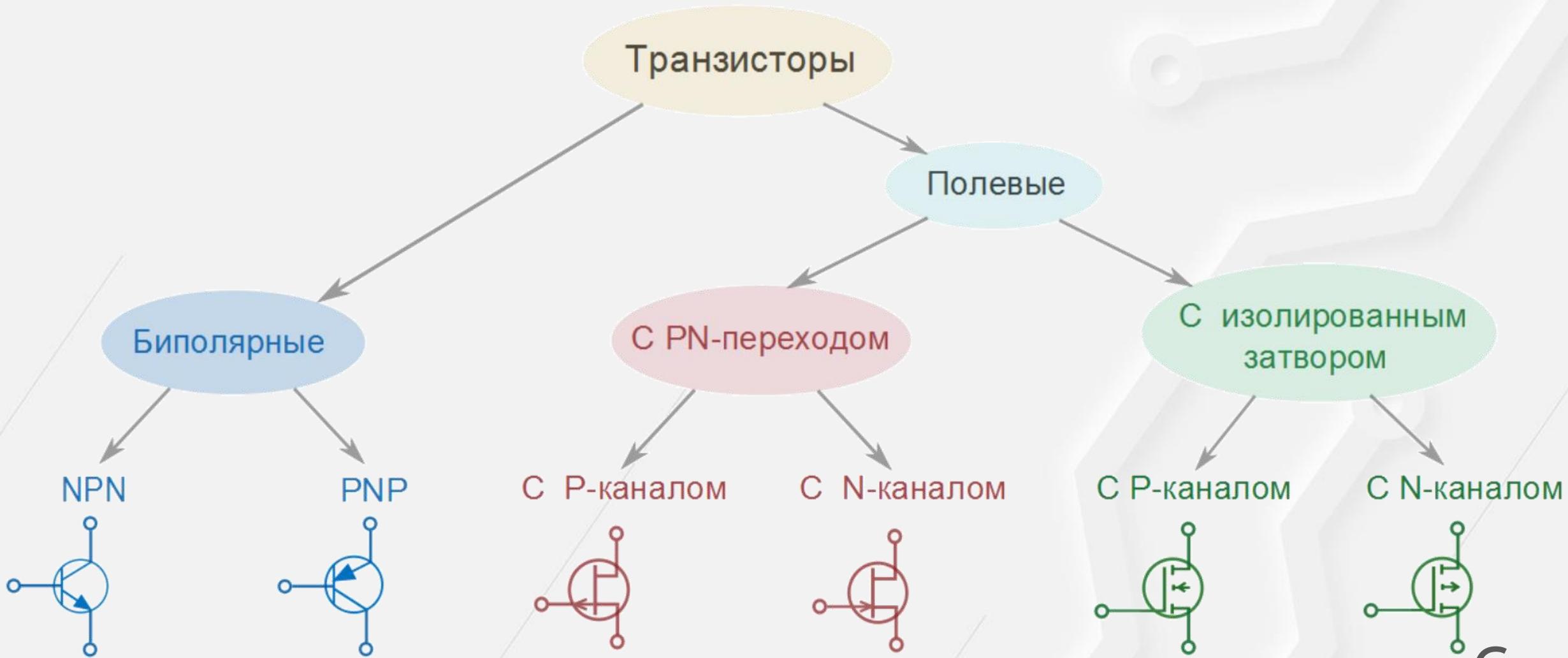


PNP транзистор

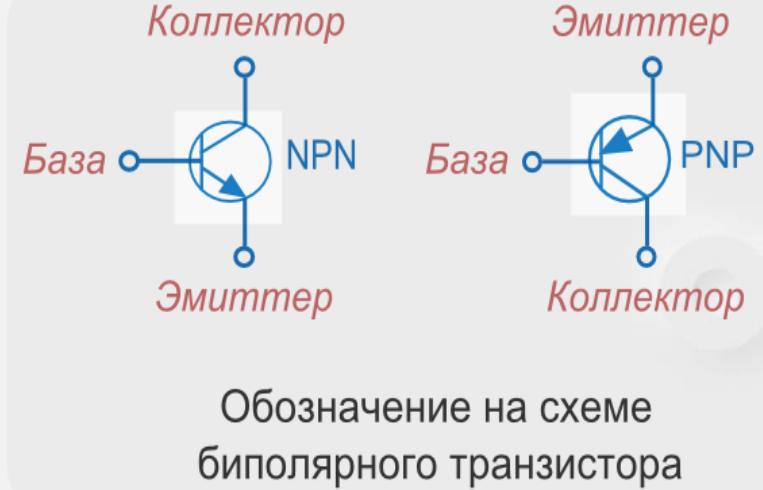
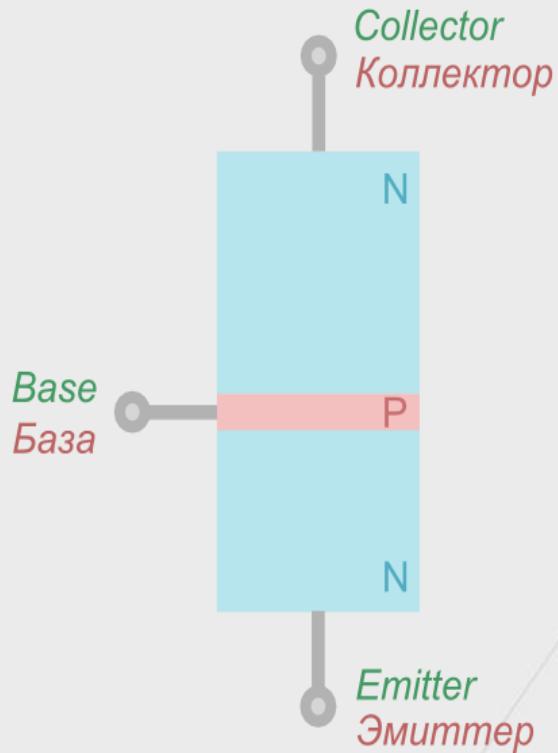


NPN транзистор 5

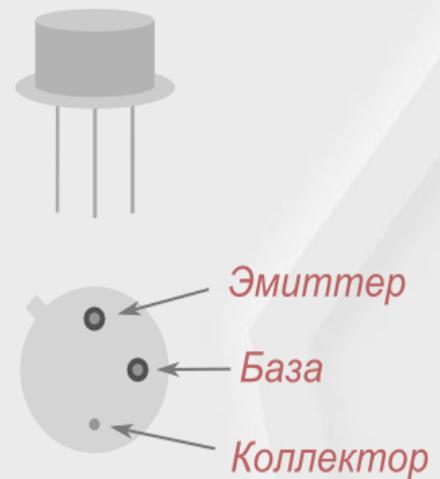
# Классификация основных типов транзисторов и обозначение на схеме



Физическая модель  
биполярного транзистора



Биполярный транзистор  
в корпусе ТО типа



# КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ:

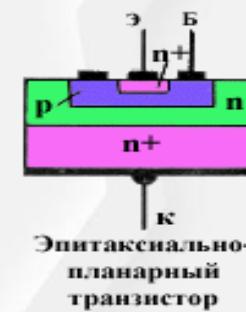
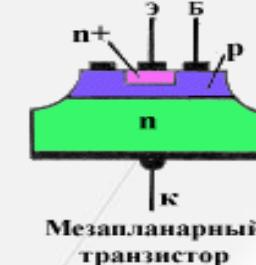
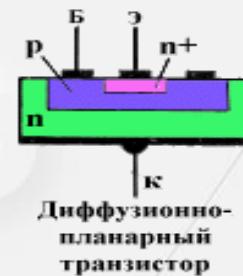
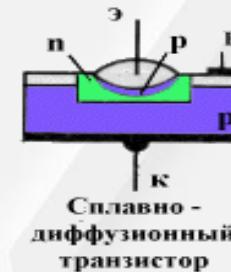
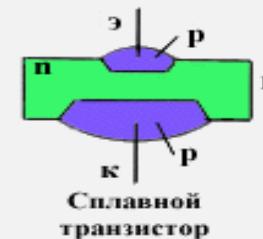
- По характеру переноса носителей заряда: **БИПОЛЯРНЫЕ УНИПОЛЯРНЫЕ**.
- По числу р-п-переходов: **ОДНОПЕРЕХОДНЫЕ, ДВУХПЕРЕХОДНЫЕ И МНОГОПЕРЕХОДНЫЕ**.
- По порядку чередования областей р-п-переходов: р-п-р и п-р-п.
- По характеру движения носителей заряда: **БЕЗДРЕЙФОВЫЕ И ДРЕЙФОВЫЕ**.
- По технологии изготовления: **СПЛАВНЫЕ, ДИФФУЗИОННО-СПЛАВНЫЕ, ПЛАНАРНЫЕ, МЕЗА-ТРАНЗИСТОРЫ**.

По частотному диапазону:

- низкочастотные (до 3 МГц);
- среднечастотные (от 3 до 30 МГц);
- высокочастотные (от 30 до 300 МГц);
- сверхвысокочастотные (свыше 300 МГц).

По величине рассеиваемой мощности:

- малой мощности (менее 0,3 Вт);
- средней мощности (от 0,3 до 1,5 Вт);
- большой мощности (более 1,5 Вт).



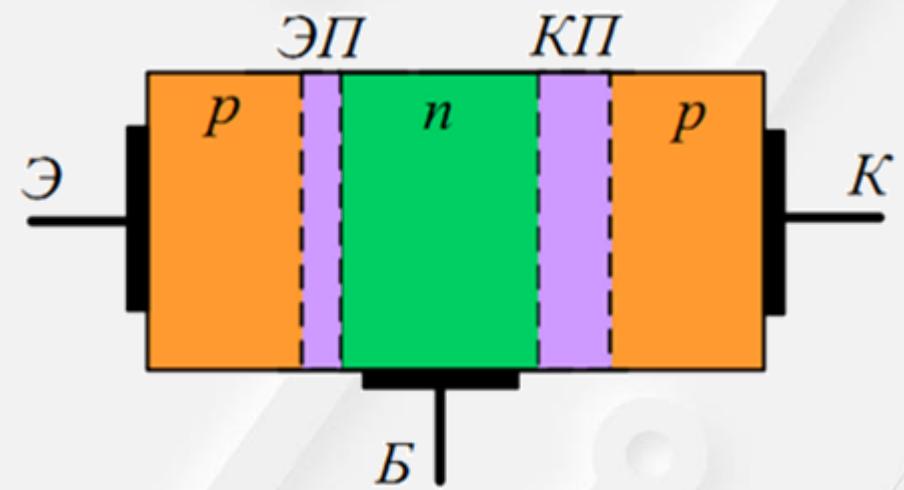
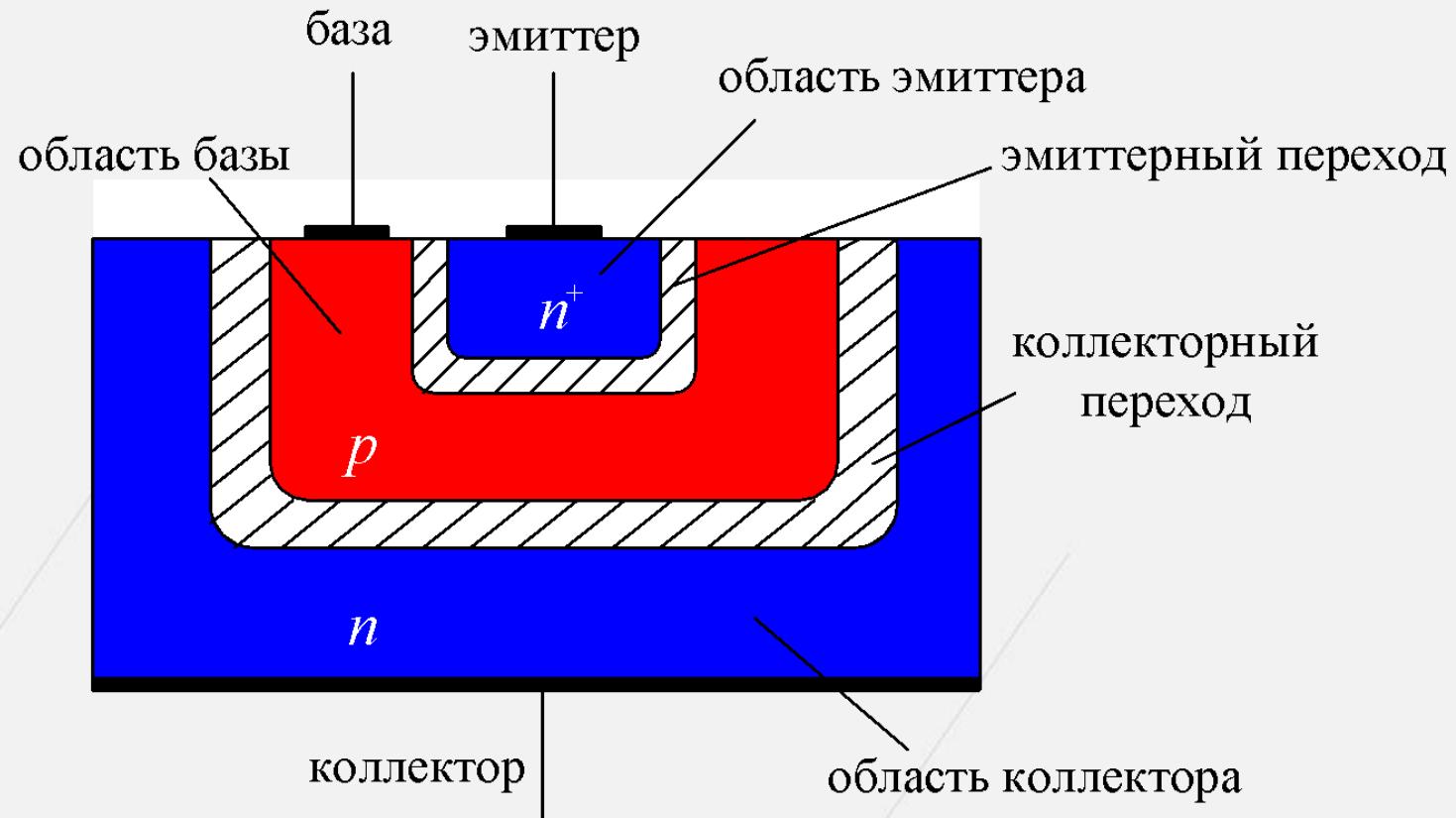
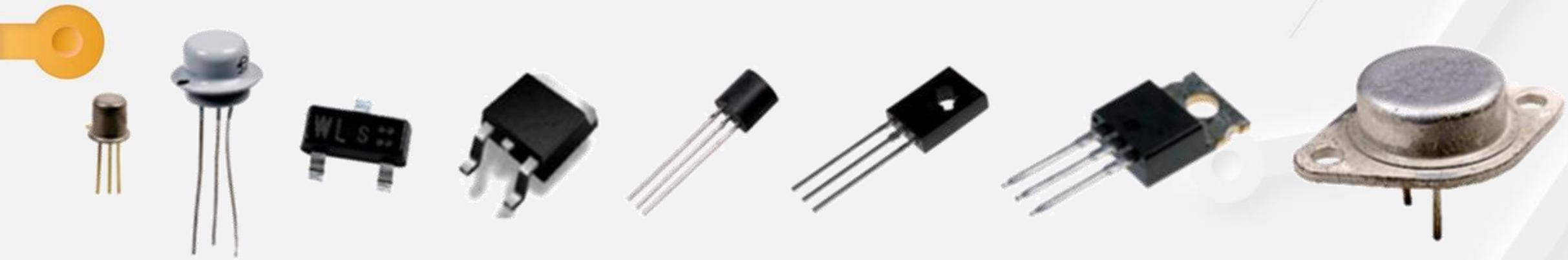


Рис. 2 Структура биполярного *n*-*p*-*n*-транзистора



а

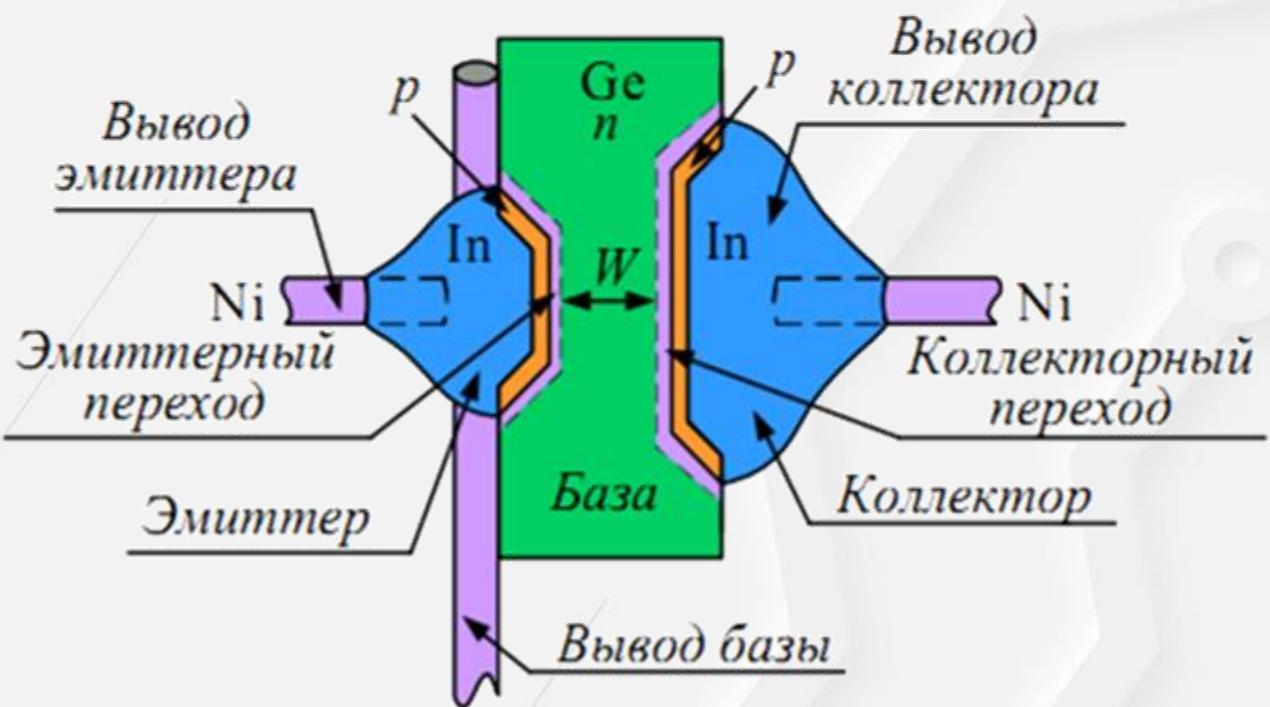
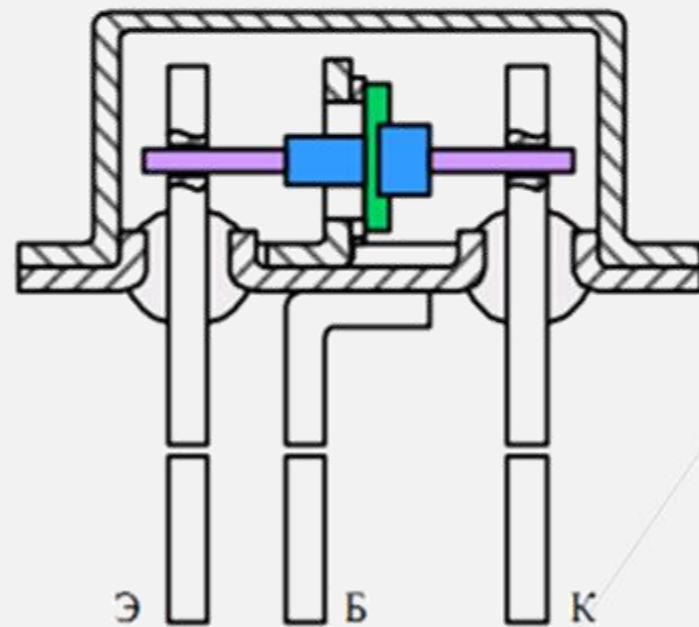


Рис. 3 Общий вид и конструктивное исполнение БТ

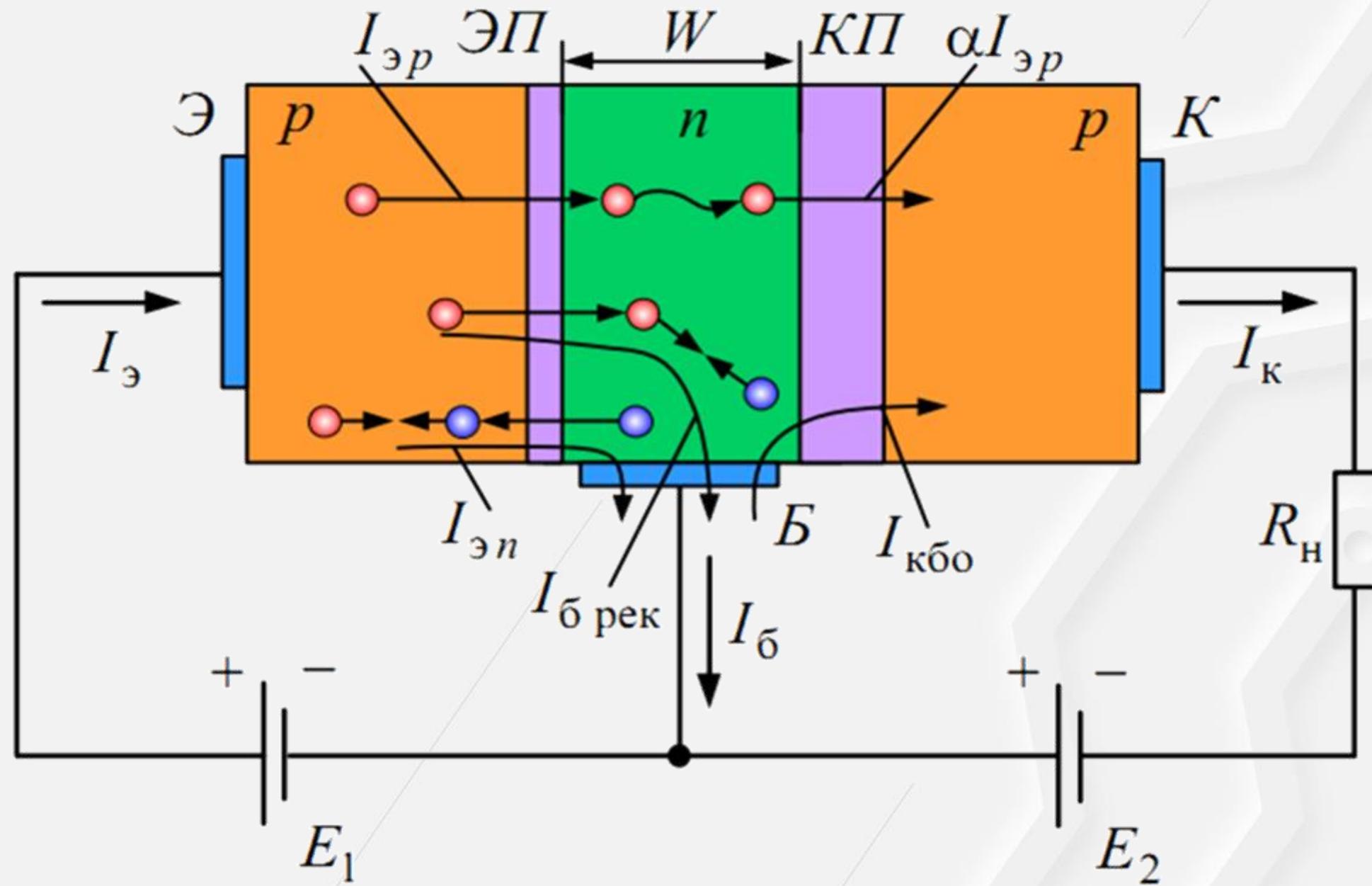


Рис. 4 Движение носителей заряда и токи р-п-р БТ в активном режиме

# Режимы работы транзистора

Режим	ЭП	КП
Активный	Открыт	Закрыт
Инверсный	Закрыт	Открыт
Насыщения	Открыт	Открыт
Отсечки	Закрыт	Закрыт

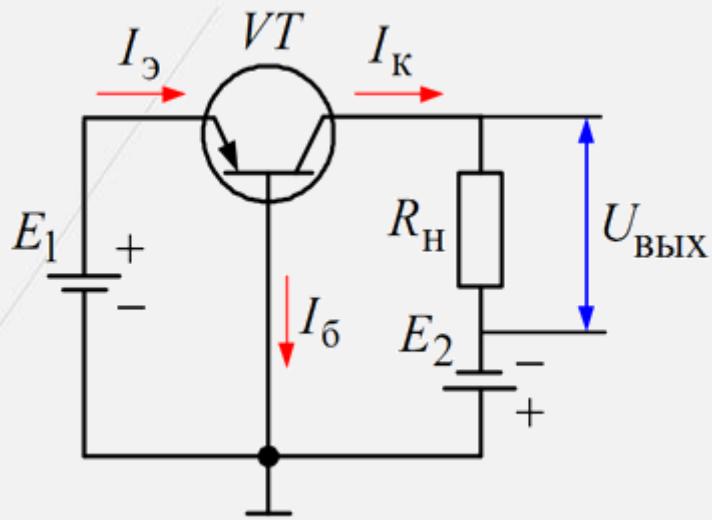


Рис. 5 Включение транзистора по схеме с общей базой (ОБ)

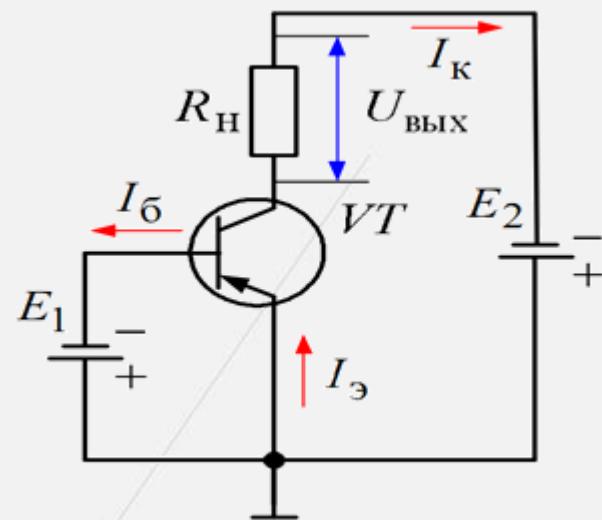


Рис. 6 Включение транзистора по схеме с общим эмиттером (ОЭ)

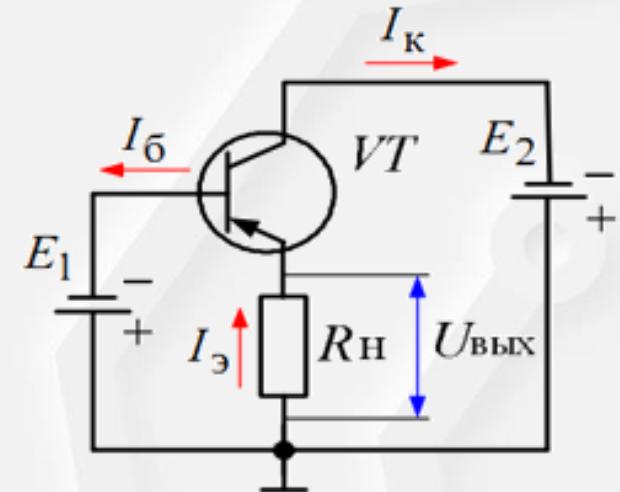
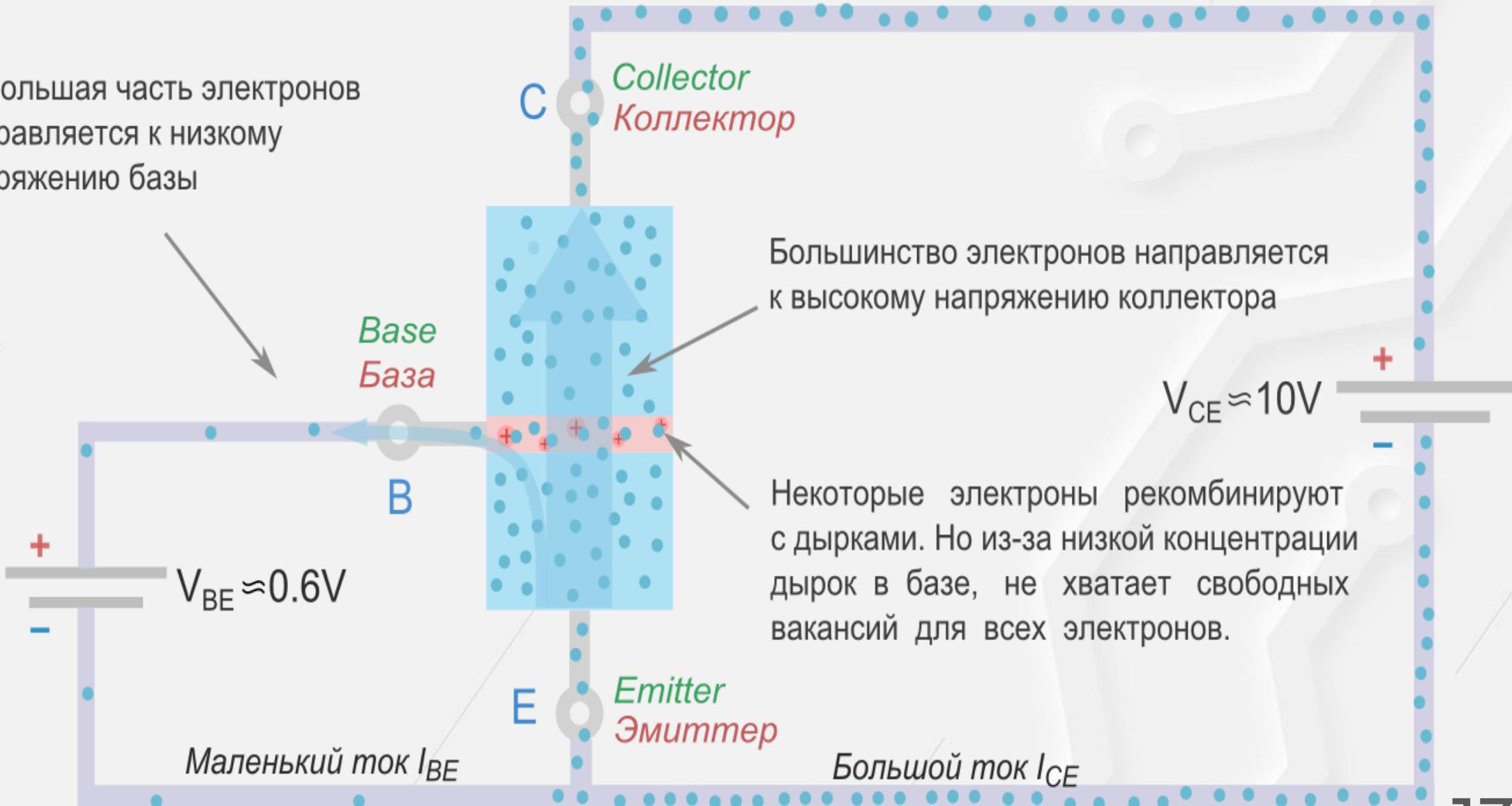


Рис. 7 Включение транзистора по схеме с общим коллектором (ОК)

Небольшая часть электронов направляется к низкому напряжению базы



# Параметры включения биполярного транзистора

Параметр	Схема с ОБ	Схема с ОЭ	Схема с ОК
Коэффициент усиления по току $k_I$	Немного меньше единицы	Десятки – сотни единиц	Десятки – сотни единиц
Коэффициент усиления по напряжению $k_U$	Десятки – сотни единиц	Десятки – сотни единиц	Немного меньше единицы
Коэффициент усиления по мощности $k_P$	Десятки – сотни единиц	Сотни – десятки тысяч единиц	Десятки – сотни единиц
Входное сопротивление $R_{\text{вх}}$	Единицы – десятки Ом	Сотни Ом – единицы кОм	Десятки – сотни кОм
Выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$	Сотни кОм – единицы МОм	Единицы – десятки кОм	Сотни Ом – единицы кОм
Фазовый сдвиг между $U_{\text{вых}}$ и $U_{\text{вх}}$	$0^\circ$	$180^\circ$	$0^\circ$