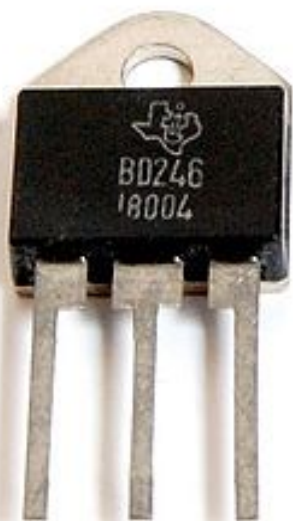


# Биполярные транзисторы

**1. Назначение и классификация биполярных транзисторов.**

**2. Устройство и принцип действия биполярных транзисторов.**

**3. Тиристоры.**



**Транзисторами называются  
полупроводниковые  
электронные приборы ,  
предназначенные для усиления,  
генерирования и  
преобразования электрических  
СИГНАЛОВ**

**Транзистор — полупроводниковый преобразовательный элемент, имеющий не менее трёх выводов и способный усиливать мощность за счет энергии внешнего источника питания .**

**Транзистор — нелинейный активный элемент**



KD617



2П904А



2Т704Б



П217Б



ГТ905А



П401, П403



КТ312А



КТ961



КТ940А1



КП303Е



КТ361Е

# Классификация транзисторов по основному полупроводниковому материалу

**Германиевые**      Germanium (**Ge**), 32

**Кремниевые**      Silicium (**Si**), 14

**Арсенид-галлиевые**      (**GaAs**)

химическое соединение галлия и мышьяка

# **Классификация транзисторов по принципу действия**

**биполярные  
полевые (униполярные)**



# Классификация транзисторов по частоте

**НЧ** (**<3 МГц**)

**СрЧ** (**3 - 30 МГц**)

**ВЧ и СВЧ** (**>30 МГц**)

# Классификация транзисторов по мощности

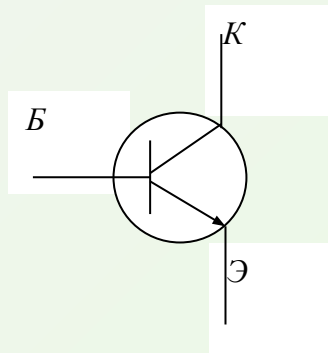
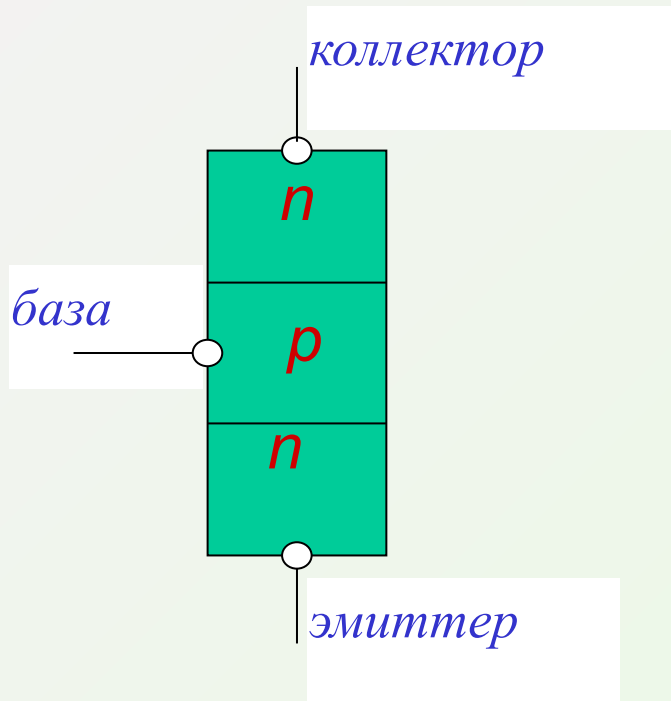
**ММ** (**<0,3 Вт**) маломощные транзисторы

**СрМ** (**0,3 - 3Вт**) средней мощности

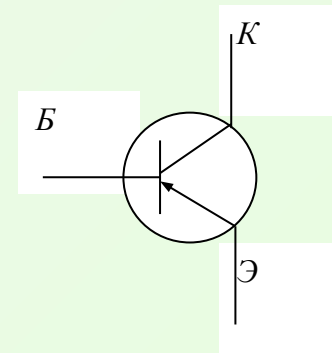
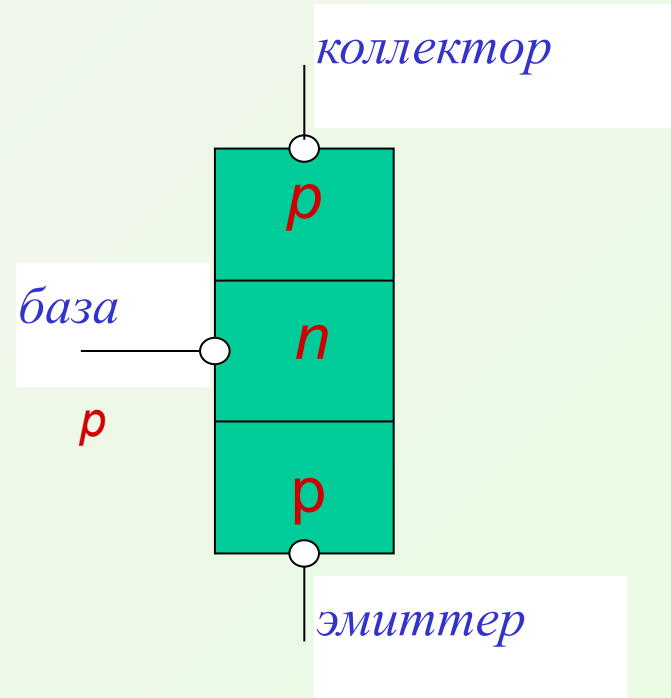
**М** (**>3 Вт**) мощные

# Устройство и принцип действия биполярных транзисторов

## n-p-n



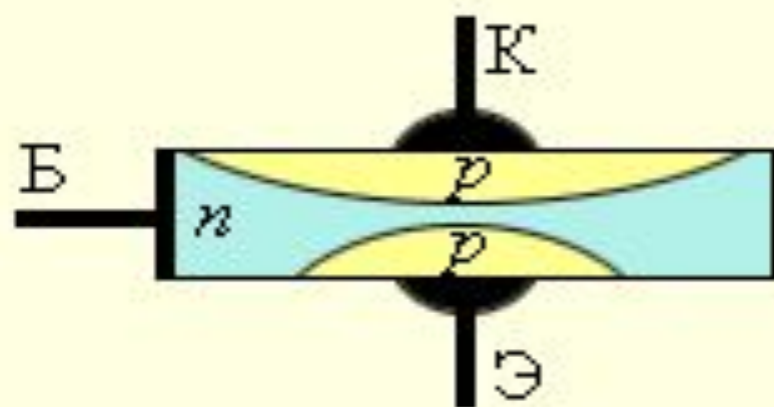
## p-n-p



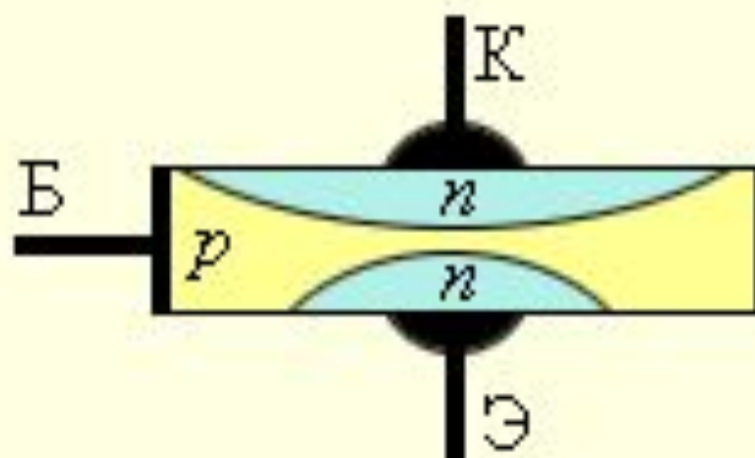
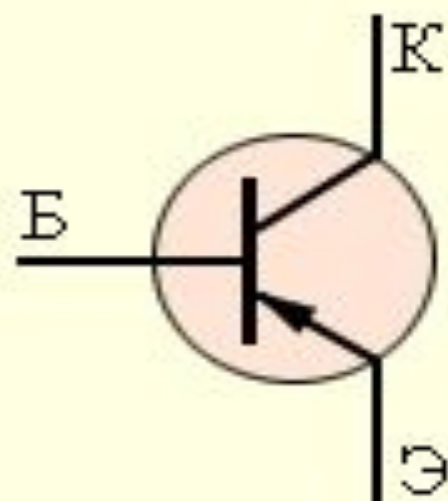
Действие *биполярного транзистора* (БТ) основано на использовании носителей зарядов обоих знаков: **дырок и электронов**.

Управление протекающим через БТ током осуществляется с помощью другого управляющего тока.

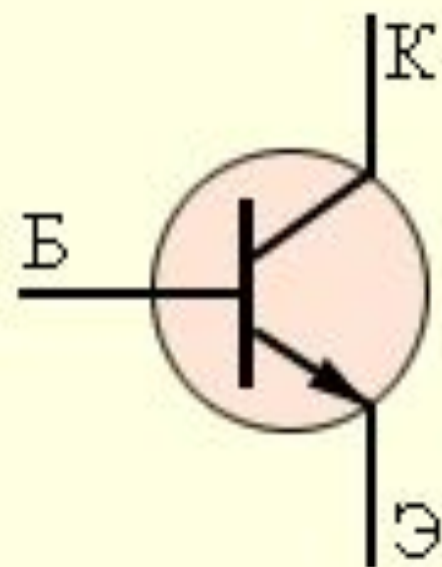
**БТ управляется током .**

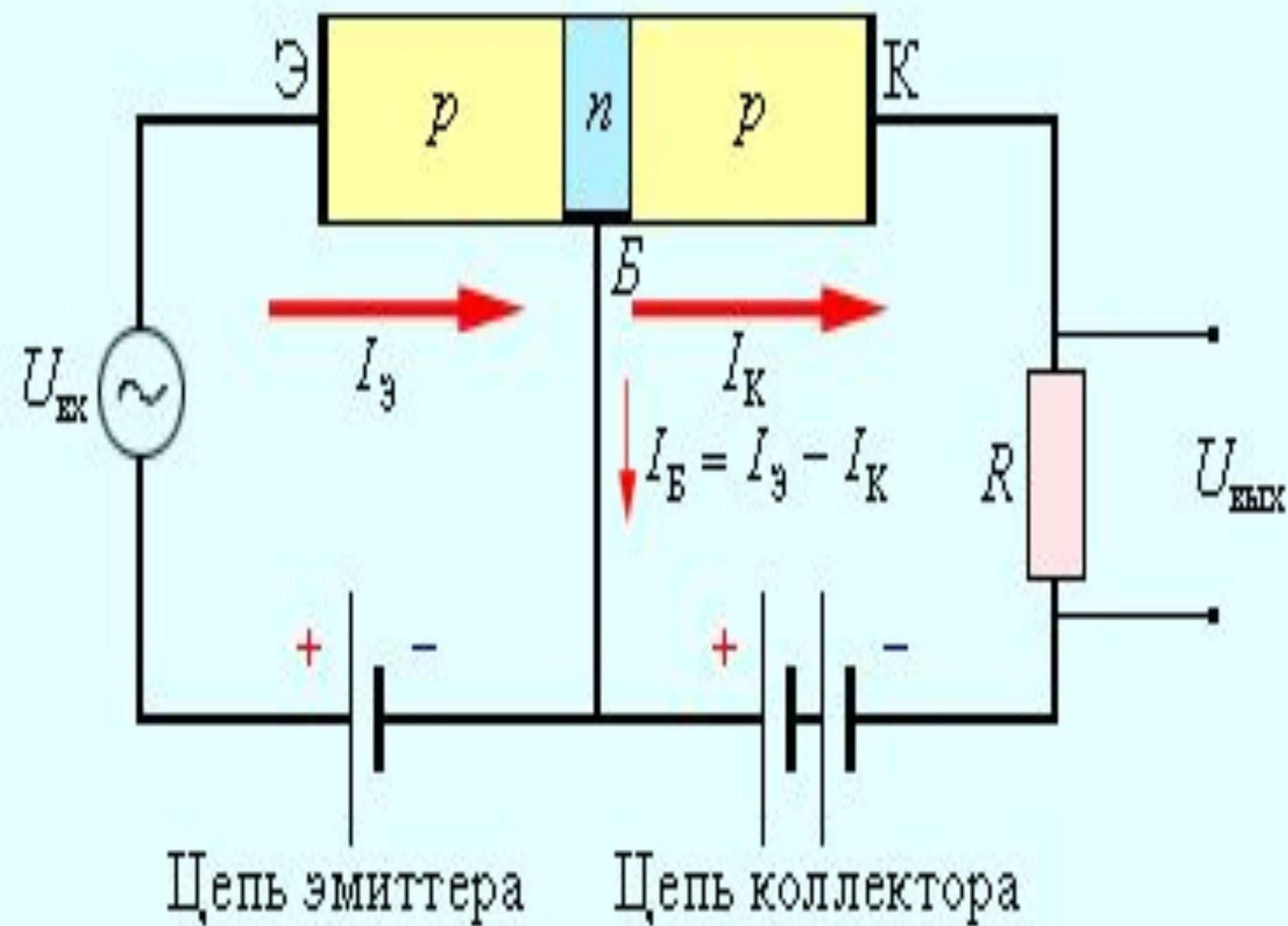


p-n-p



n-p-n





# Режимы работы биполярного транзистора

## 1. активный режим

«эмиттер-база» открыт, «коллектор-база» закрыт

## 2. инверсный режим

«эмиттер- база» закрыт, «коллектор - база» открыт

## 3. режим насыщения

«эмиттер - база» закрыт, «коллектор - база» открыт

## 4. режим отсечки

«эмиттер – база» закрыт, «коллектор - база» закрыт

# Тиристоры

- Тиристоры — полупроводниковые приборы с тремя (или более) p-n переходами,
- которые имеют два устойчивых состояния и применяются как мощные электронные ключи.
- **Закрытое состояние - состояние низкой проводимости**
- **Открытое состояние - состояние высокой проводимости**

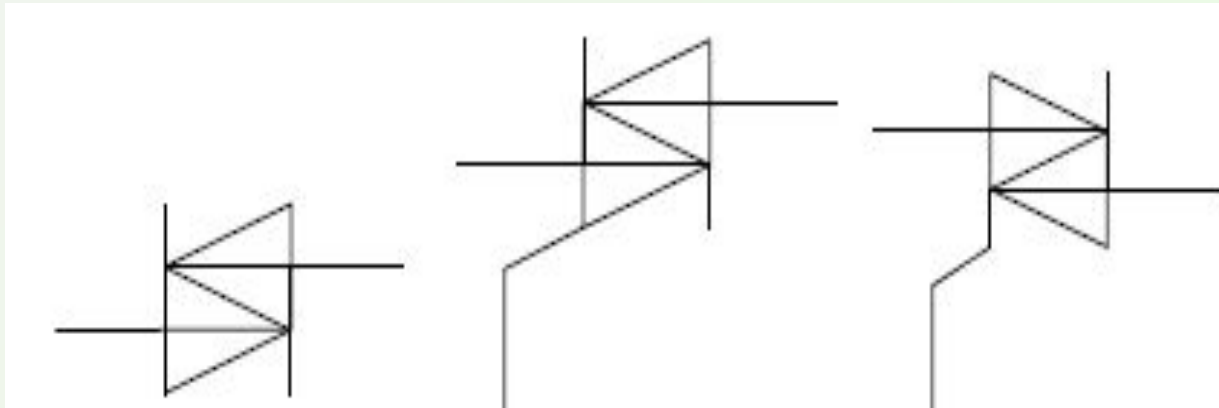
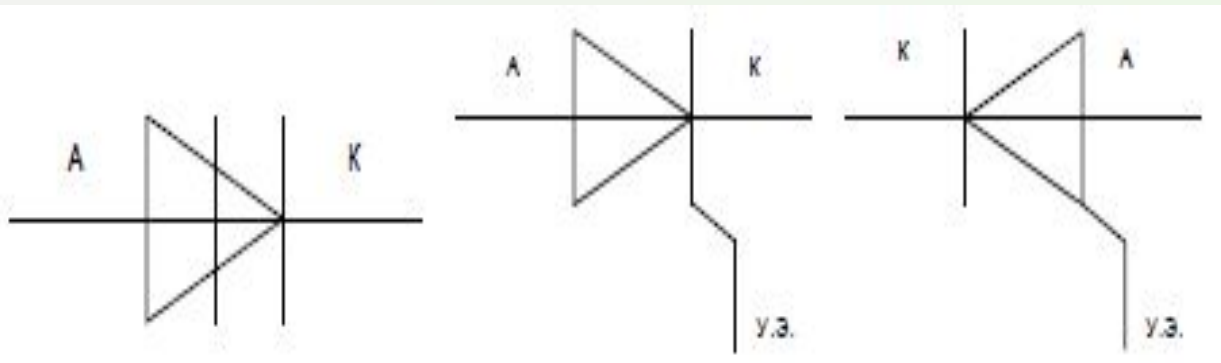




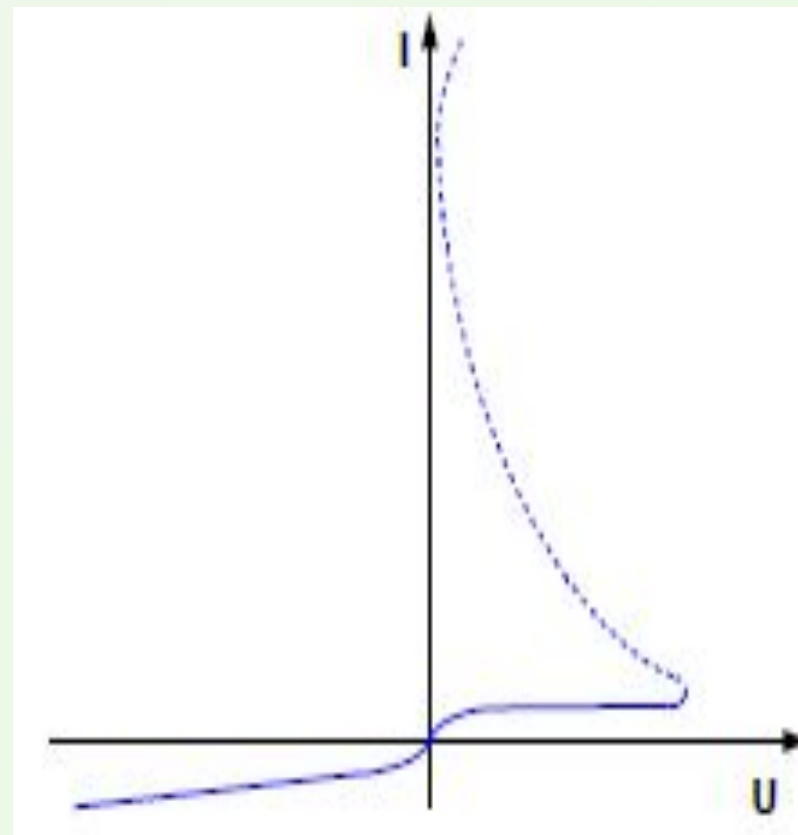
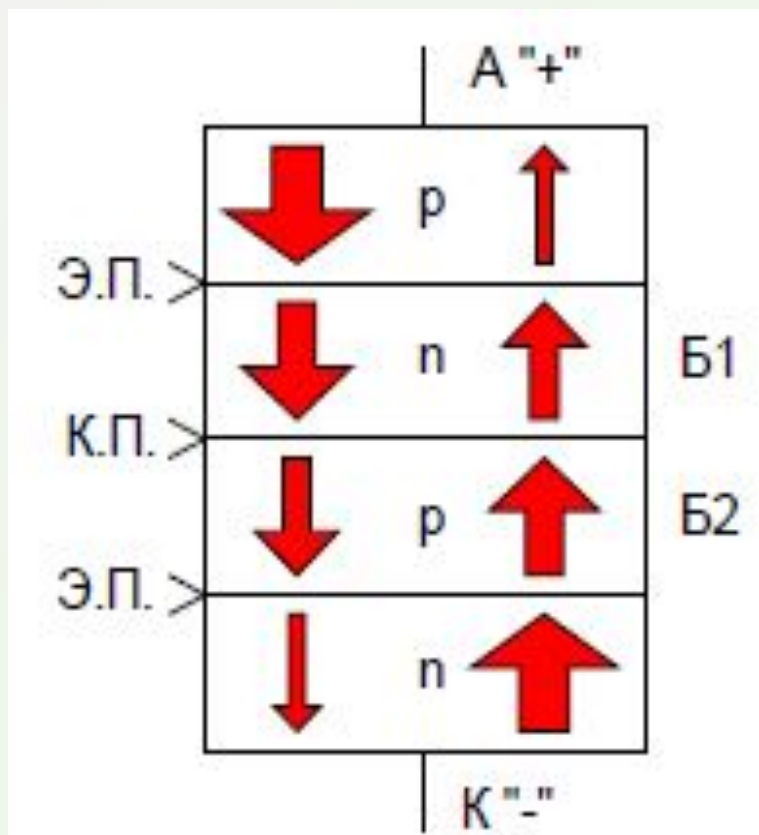


Тиристоры

# диодные тиристоры - динисторы триодные тиристоры - тиристоры



**Динисторы применяются в виде бесконтактных переключательных устройств.**

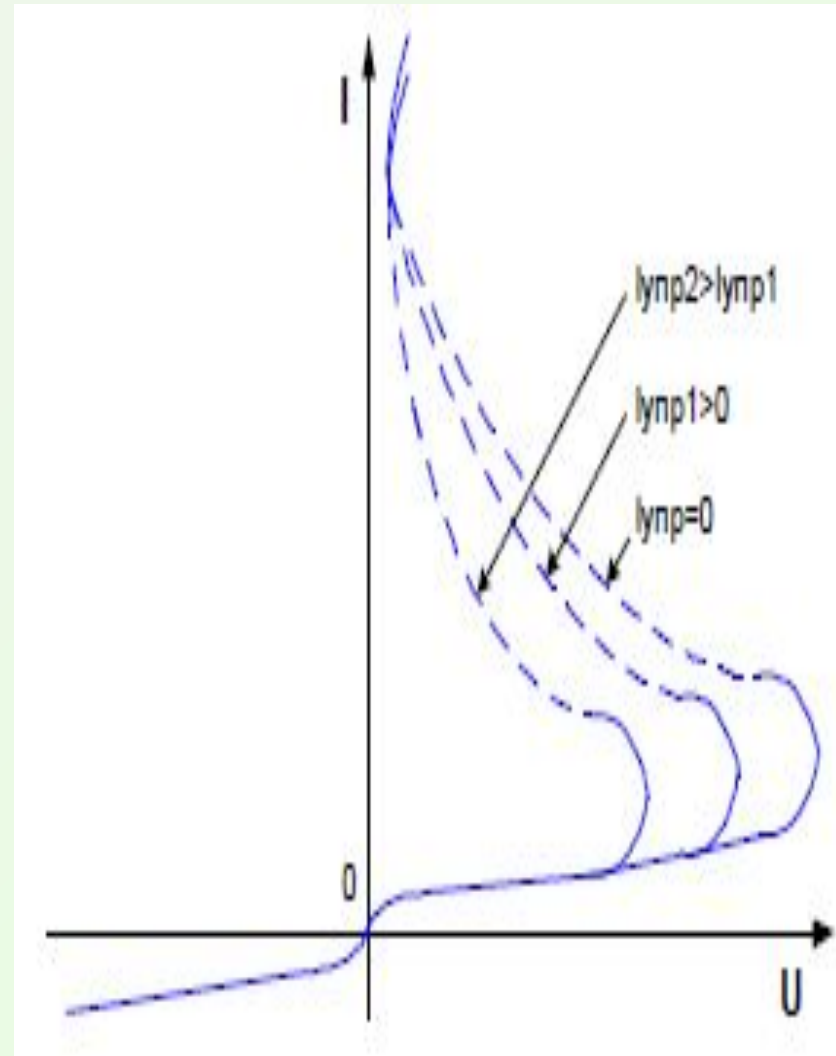
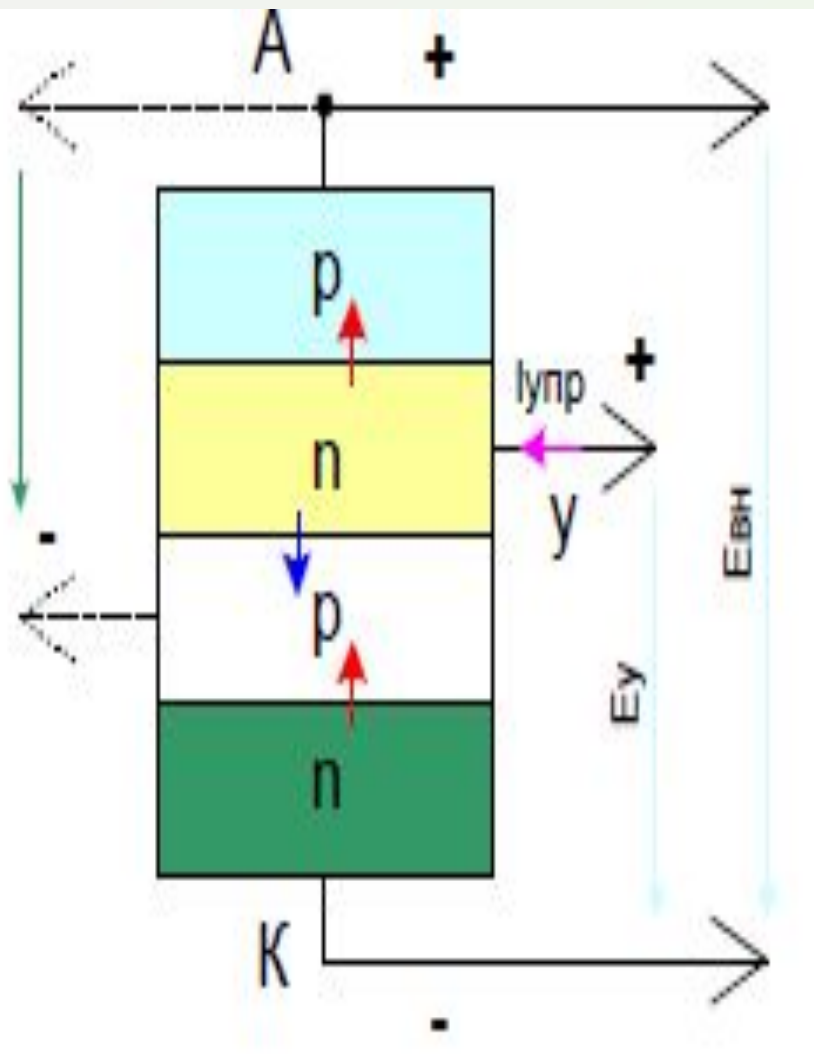


## Принцип действия.

Основные носители зарядов переходят из анода в базу 1, а из катода – в базу 2, где они становятся неосновными и в базах происходит интенсивная рекомбинация зарядов, в результате которой количество свободных носителей зарядов уменьшается. Эти носители заряда подходят к коллекторному переходу, поле которых для них будет ускоряющим, затем проходят базу и переходят через открытый эмиттерный переход, т. к. в базах они опять становятся основными.

Пройдя эмиттерные переходы, электроны переходят в анод, а дырки – в катод, где они вторично становятся неосновными и вторично происходит интенсивная рекомбинация. В результате **количество зарядов, прошедших через динистор, будет очень мало и прямой ток также будет очень мал.** При увеличении напряжения прямой ток незначительно возрастает, т. к. увеличивается скорость движения носителей, а интенсивность рекомбинации уменьшается. **При увеличении напряжения до определённой величины происходит электрический пробой коллекторного перехода.** Сопротивление динистора резко уменьшается, ток через него сильно увеличивается и падение напряжения на нём значительно уменьшается - **динистор перешёл из выключенного состояния во включённое.**

Триодные тиристоры можно включать при напряжениях, меньших напряжения включения динистора



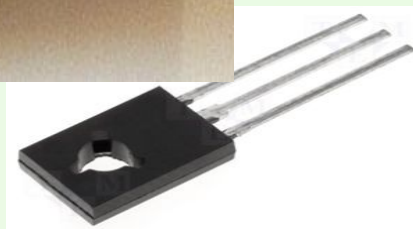
## Параметры тиристоров КУ208

Тип прибора	$U_{обр.,п.}$ $U_{обр.,max}$ , В	$U_{зс.,п.}$ $U_{зс.,max}$ , В	$I_{ос.,и}$ , А	$I_{ос.,ср.}$ $I_{ос.,п.}$ , А	$U_{ос.,и}$ $U_{ос.}$ , В	$U_{у.,нот}$ , В	$I_{зс.,п.}$ $I_{зс.}$ , МА
КУ208А	100*	100*	10	5*	<2*	-	<5*
КУ208Б	200*	200*	10	5*	<2*	-	<5*
КУ208В	300*	300*	10	5*	<2*	-	<5*
КУ208Г	400*	400*	10	5*	<2*	-	<5*
Тип прибора	$I_{обр.,п.}$ $I_{обр.}$ , МА	$I_{у.,от.}$ $I_{у,з,и}$ , МА	$U_{у.,от.}$ $U_{у,от,и}$ , В	$dU_{зс}/dt$ , В/мкс	$t_{вкл}$ , мкс	$t_{выкл}$ , мкс	
КУ208А	-	<160*	<5*	10	<10	<150	
КУ208Б	-	<160*	<5*	10	<10	<150	
КУ208В	-	<160*	<5*	10	<10	<150	
КУ208Г	-	<160*	<5*	10		<150	



## Параметры тиристоров КУ203

Тип прибора	$U_{обр.,п'}$ $U_{обр.,max'}$ В	$U_{зс.,п'}$ $U_{зс.,max'}$ В	$I_{ос.,и'}$ А	$I_{ос.,ср.}'$ $I_{ос.,п.}'$ А	$U_{ос.,и'}$ $U_{ос.}'$ В	$U_{у.,нот'}$ В	$I_{зс.,п.}'$ $I_{зс.}'$ мА
КУ203Д	50	50	100	5	<2	>0,1	<10*
КУ203Е	100	100	100	5	<2	>0,1	<10*
КУ203Ж	150	150	100	5	<2	>0,1	<10*
КУ203И	200	200	100	5	<2	>0,1	<10*
Тип прибора	$I_{обр.,п.}'$ $I_{обр.}'$ мА	$I_{у.,от.}'$ $I_{у,з,и}'$ мА	$U_{у.,от.}'$ $U_{у,от,и}'$ В	$dU_{зс}/dt,$ В/мкс	$t_{вкл.}'$ мкс	$t_{выкл.}'$ мкс	
КУ203Д	<10*	<450	"<2,5; 10*"	<20	<3	<7	
КУ203Е	<10*	<450	"<2,5; 10*"	<20	<3	<7	
КУ203Ж	<10*	<450	"<2,5; 10*"	<20	<3	<7	
КУ203И	<10*	<450	"<2,5; 10*"	<20	<3	<7	



Тиристор C106M1-MOT (4A/600V) TO126  
[1722] Minimum order: 1

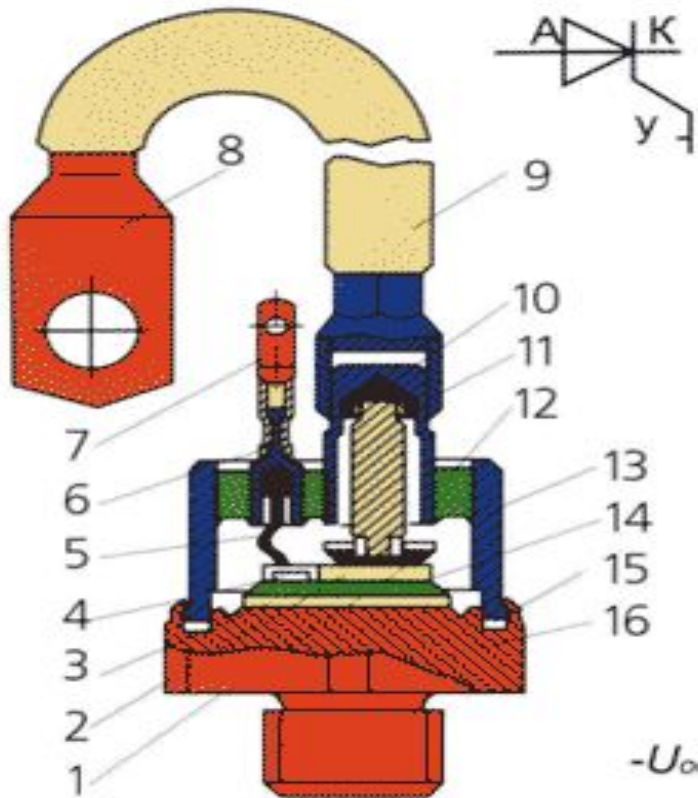
10  
Minimum order: 1



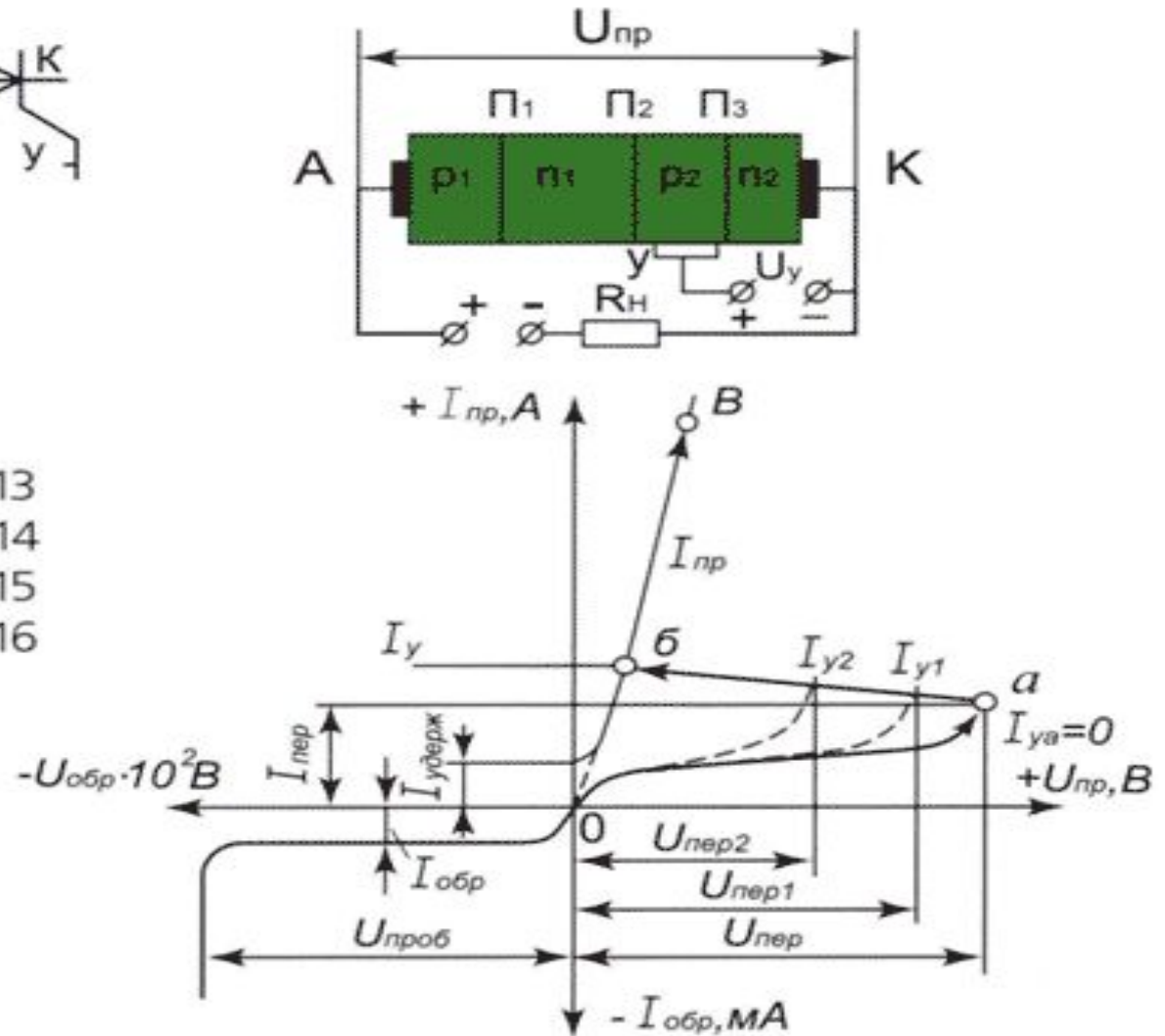
# Штыревой кремниевый тиристор

forca.ru

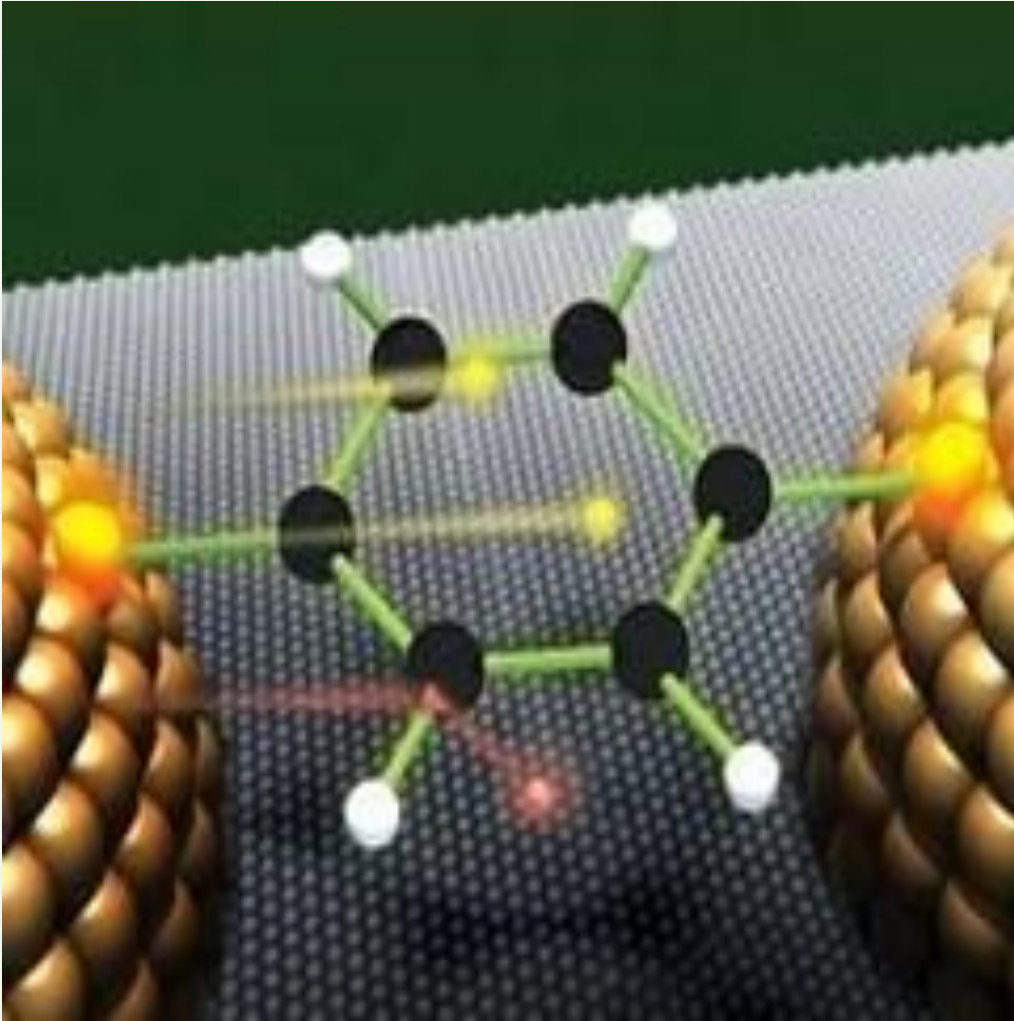
a)



б)



## Корейские ученые создали нанотранзистор

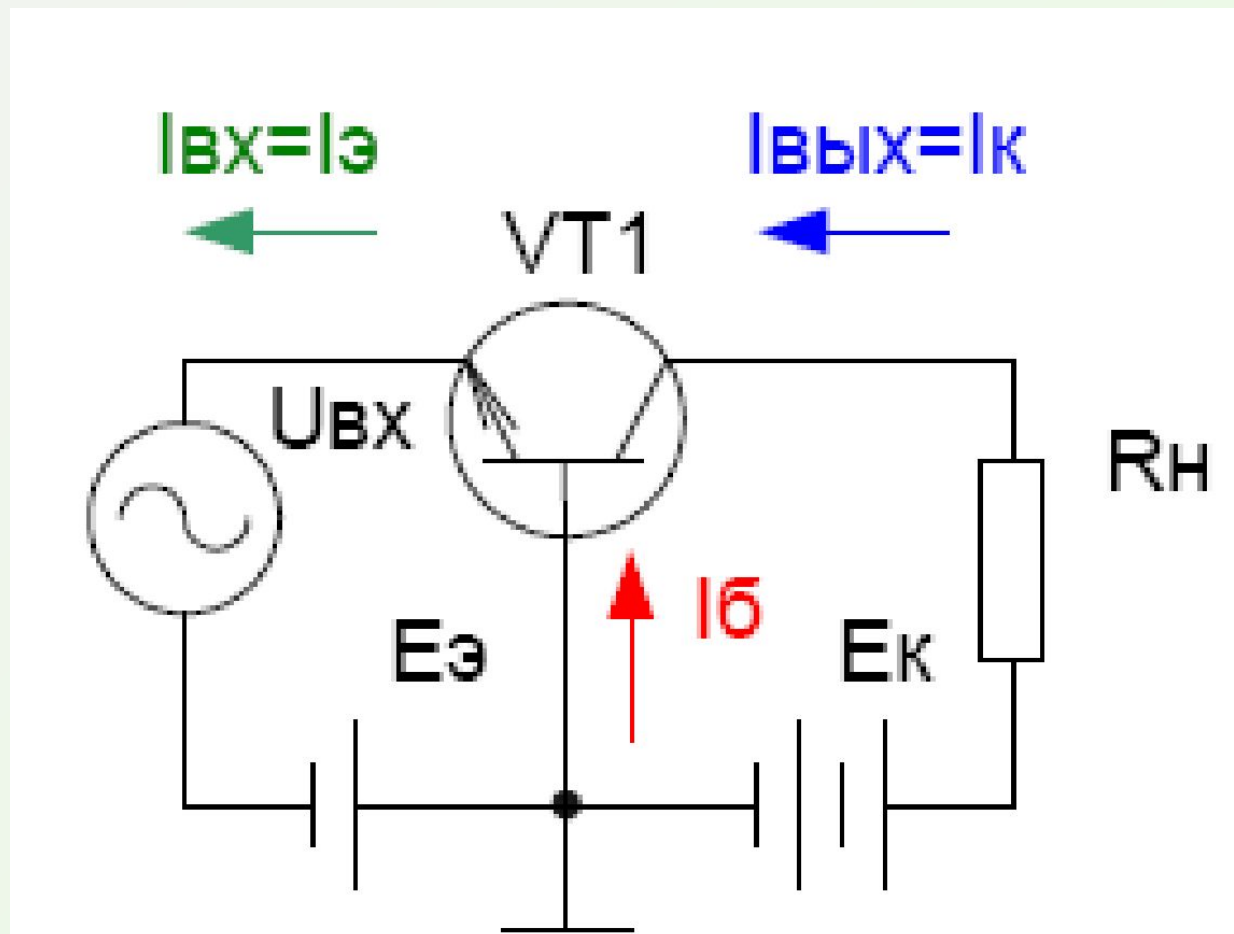


Транзистор состоит из шести атомов углерода, помещенных между двумя золотыми электродами. Такой транзистор позволит уменьшить размер микросхем, тем самым повысить их производительность, и снизить энергопотребление. Из собранных образцов рабочими оказываются лишь 15%. Пока нет технологии, позволяющей строить микросхемы с использованием таких транзисторов.

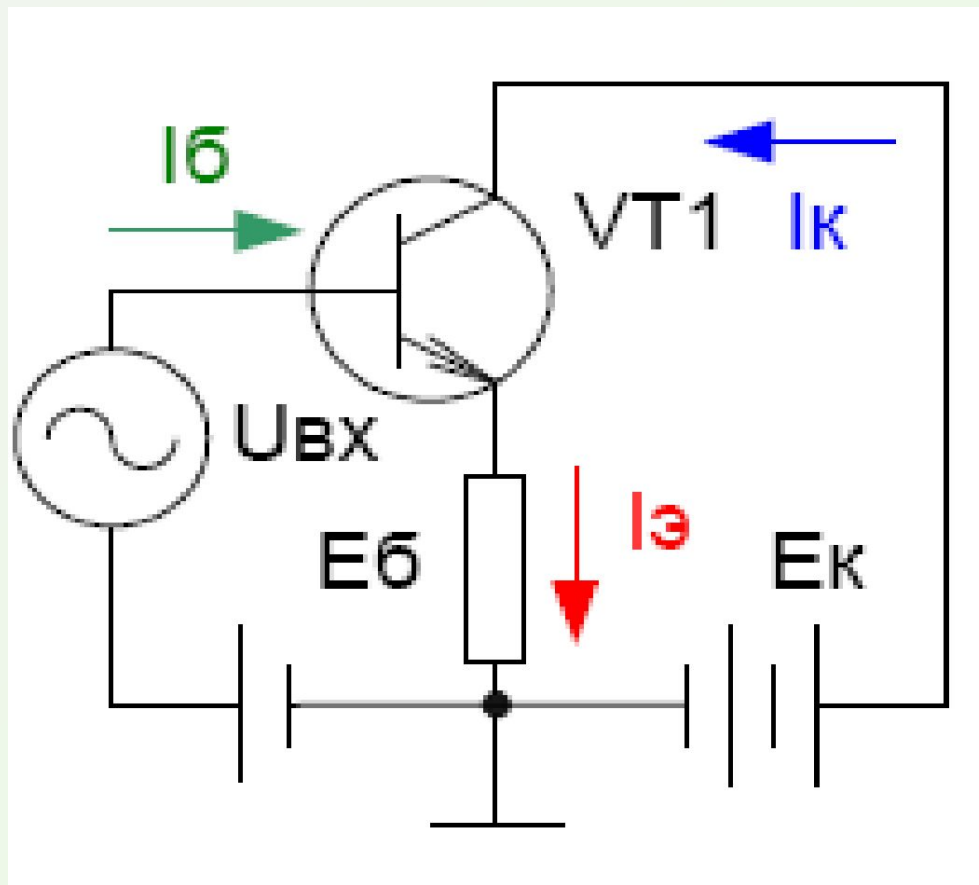
# **СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ**

- 1. Схемы включения биполярных транзисторов с общей базой.**
- 2. Схемы включения биполярных транзисторов с общим коллектором.**
- 3. Схемы включения биполярных транзисторов с общим эмиттером.**

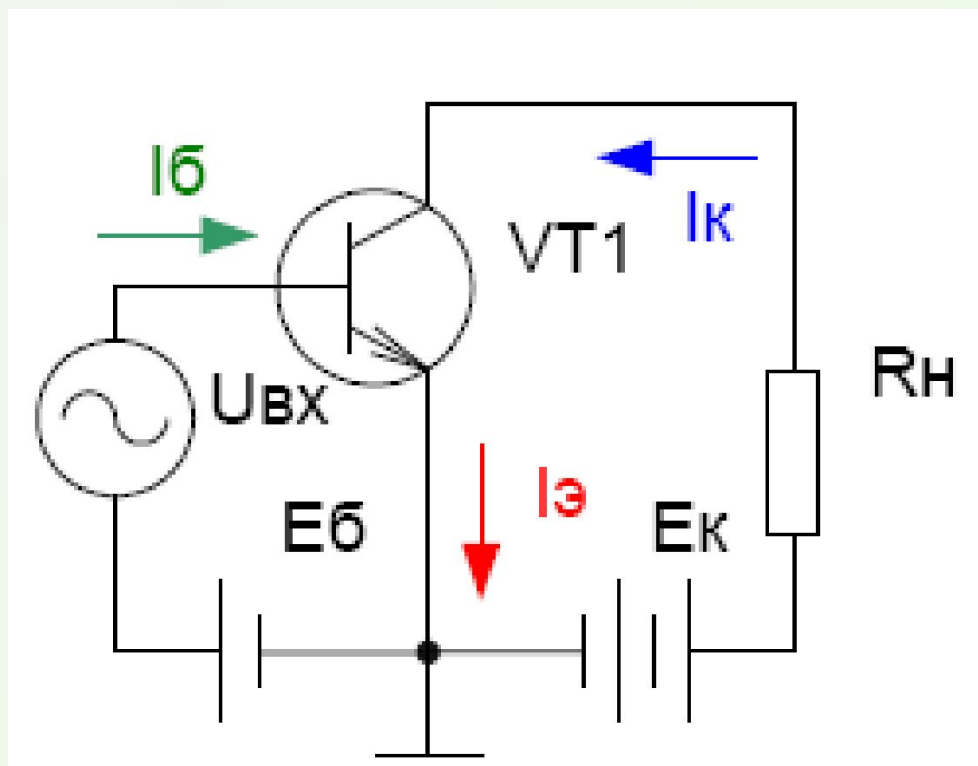
# 1.Схемы включения биполярных транзисторов с общей базой (ОБ)



## 2. Схемы включения биполярных транзисторов с общим коллектором (ОК) (эмиттерный повторитель)



### 3. Схемы включения биполярных транзисторов с общим эмиттером (ОЭ)



## Сводная таблица параметров схем включения биполярных транзисторов

Тип цепи	Входное сопротивление	Выходное сопротивление	Усиление по напряжению	Усиление по току	Усиление по мощности
<b>ОБЩАЯ БАЗА ОБ</b>	Низкое	Высокое	Высокое	Меньше 1	Среднее
<b>ОБЩИЙ ЭМИТТЕР ОЭ</b>	Среднее	Среднее	Среднее	Среднее	Высокое
<b>ОБЩИЙ КОЛЛЕКТОР ОК</b>	Высокое	Низкое	Меньше 1	Среднее	Среднее



# Полевые транзисторы

- 1. Назначение и классификация полевых транзисторов.**
- 2. Устройство и принцип действия полевых транзисторов с управляющим *p-n* переходом .**
- 3. Полевые транзисторы с изолированным затвором.**

***Полевой транзистор*** – это полупроводниковый прибор, имеющий три электрода:

**ИСТОК, СТОК и затвор**, в котором ток создается только основными носителями заряда.

Управление током осуществляется **электрическим полем**, которое создается приложением напряжения к управляющему электроду.

## 1. Назначение и классификация полевых транзисторов.

полевые транзисторы делятся на два вида:

С **управляющим *p-n*-переходом**

- канальные; управление током достигается путем изменения сечения канала;

с **изолированным затвором** –

**МДП-транзисторы**

(металл – диэлектрик - полупроводник).

**МДП** – транзисторы делятся на два вида

-с индуцированным каналом

- со встроенным каналом.

В **МОП**—транзисторах (металл-окисел-полупроводник) В

качестве диэлектрика используются

**оксиды**, например,  $\text{SiO}_2$

## 2. Устройство и принцип действия полевых транзисторов с управляющим $p-n$ переходом .

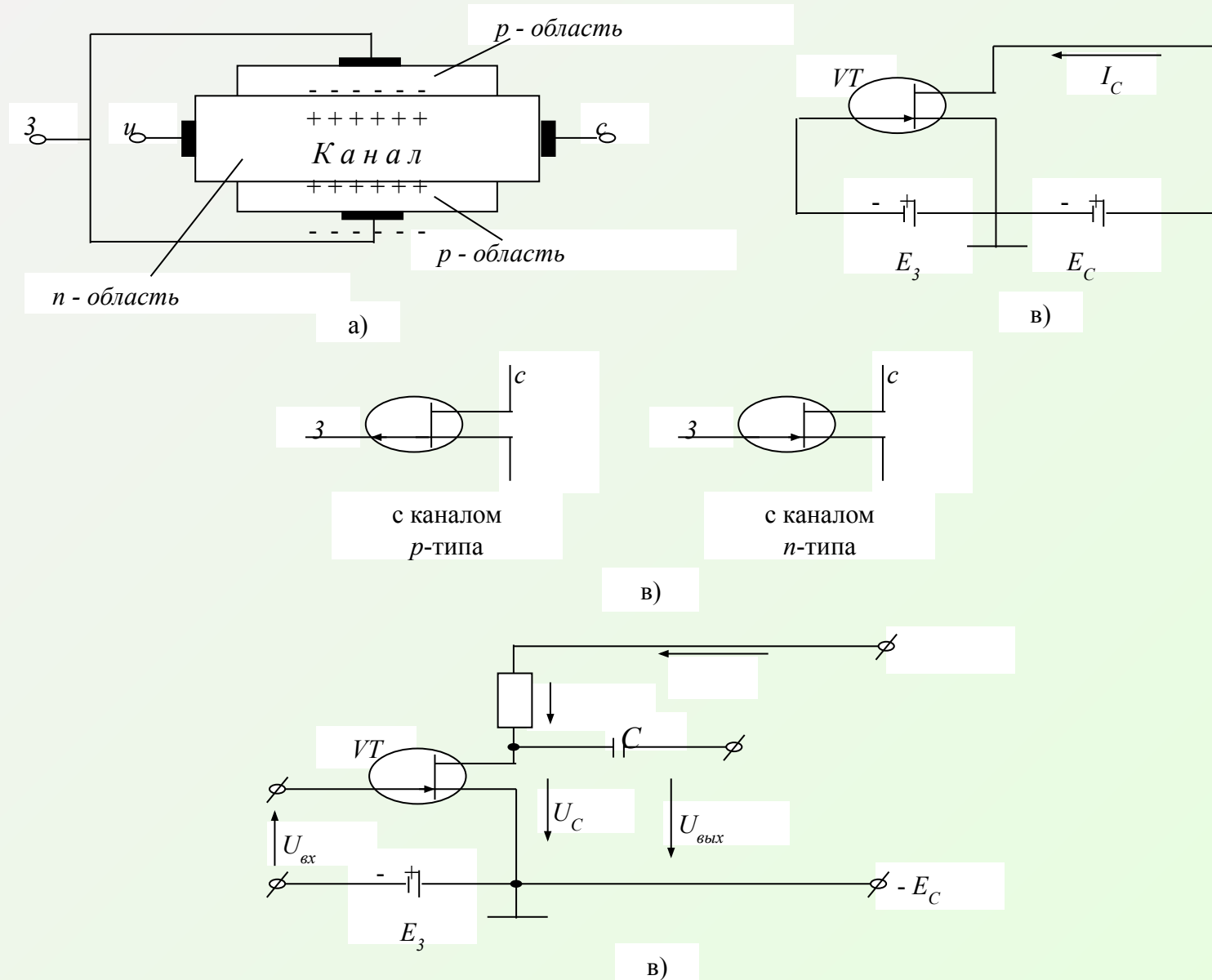
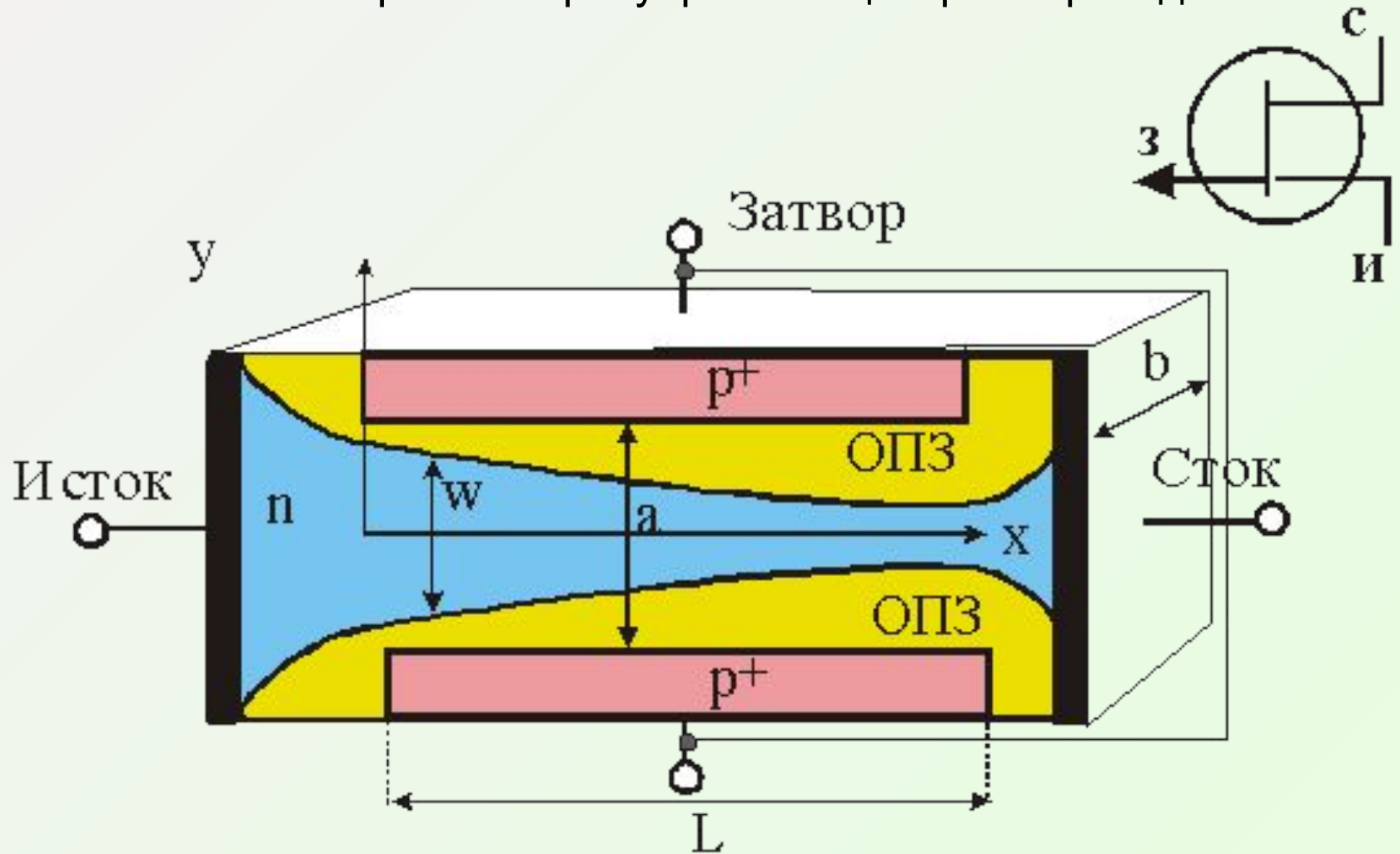
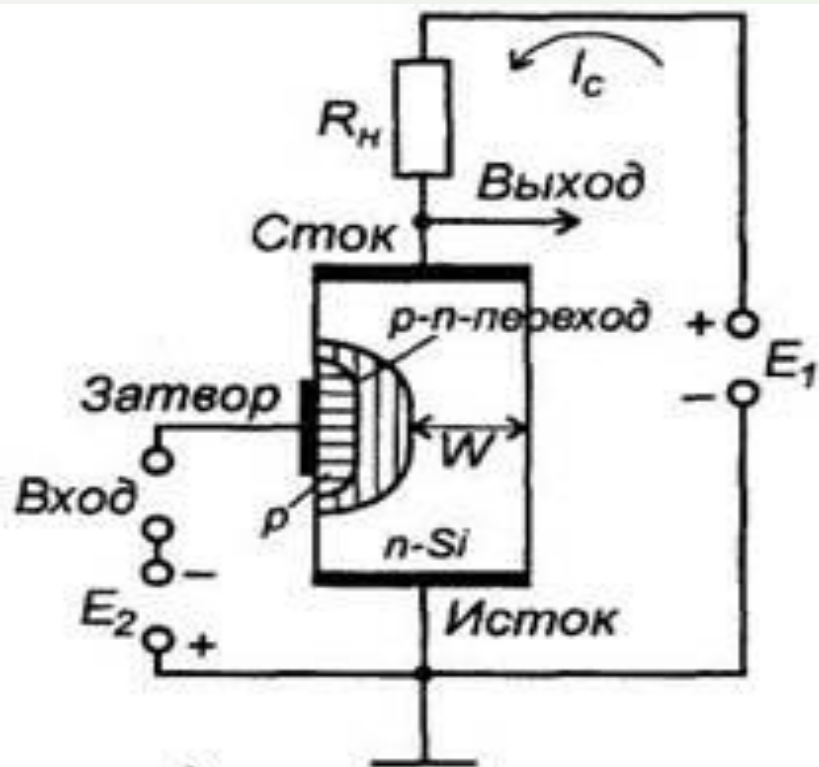


Рис. 1

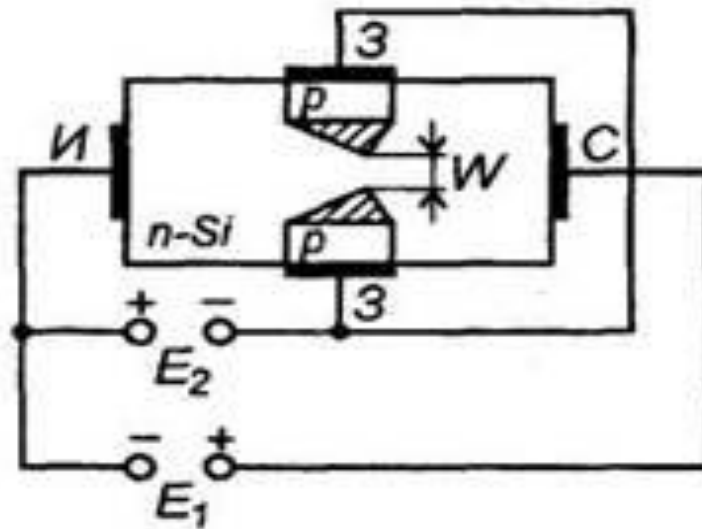
# Полевой транзистор с управляющим р-п переходом



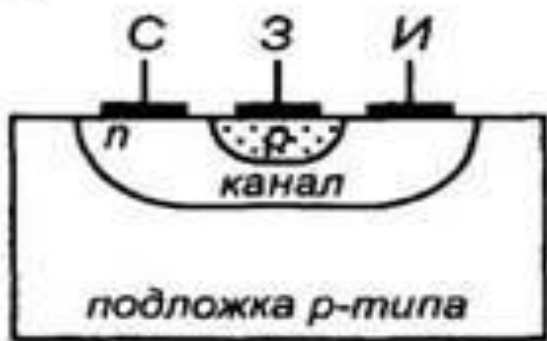
# Полевой транзистор с управляющим р-п переходом



а)



б)



в)



Малошумящие **арсенидгаллиевые полевые СВЧ транзисторы** типа 3П374А,Б,В-2,5 предназначены для применения в приемо-усилительной аппаратуре с общей герметизацией.



Диапазон частот **4-18 ГГц**;

- Коэффициент усиления по мощности  
**КУР опт > 10 дБ (12 ГГц)**;

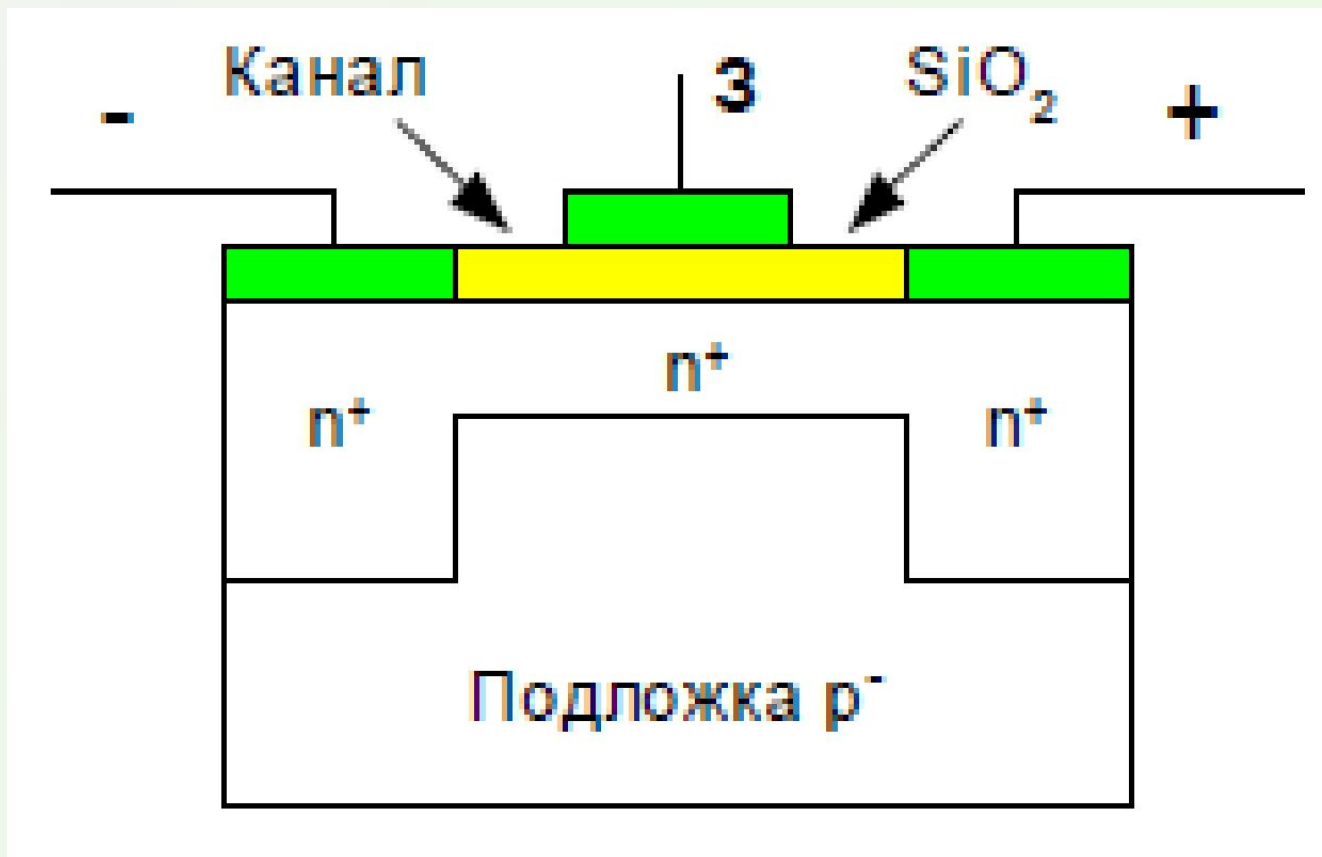
- Коэффициент шума **КШ мин < 0.85 дБ (12 ГГц)**;

- **Длина затвора 0.25 мкм**;

- **Ширина затвора 150 мкм**.

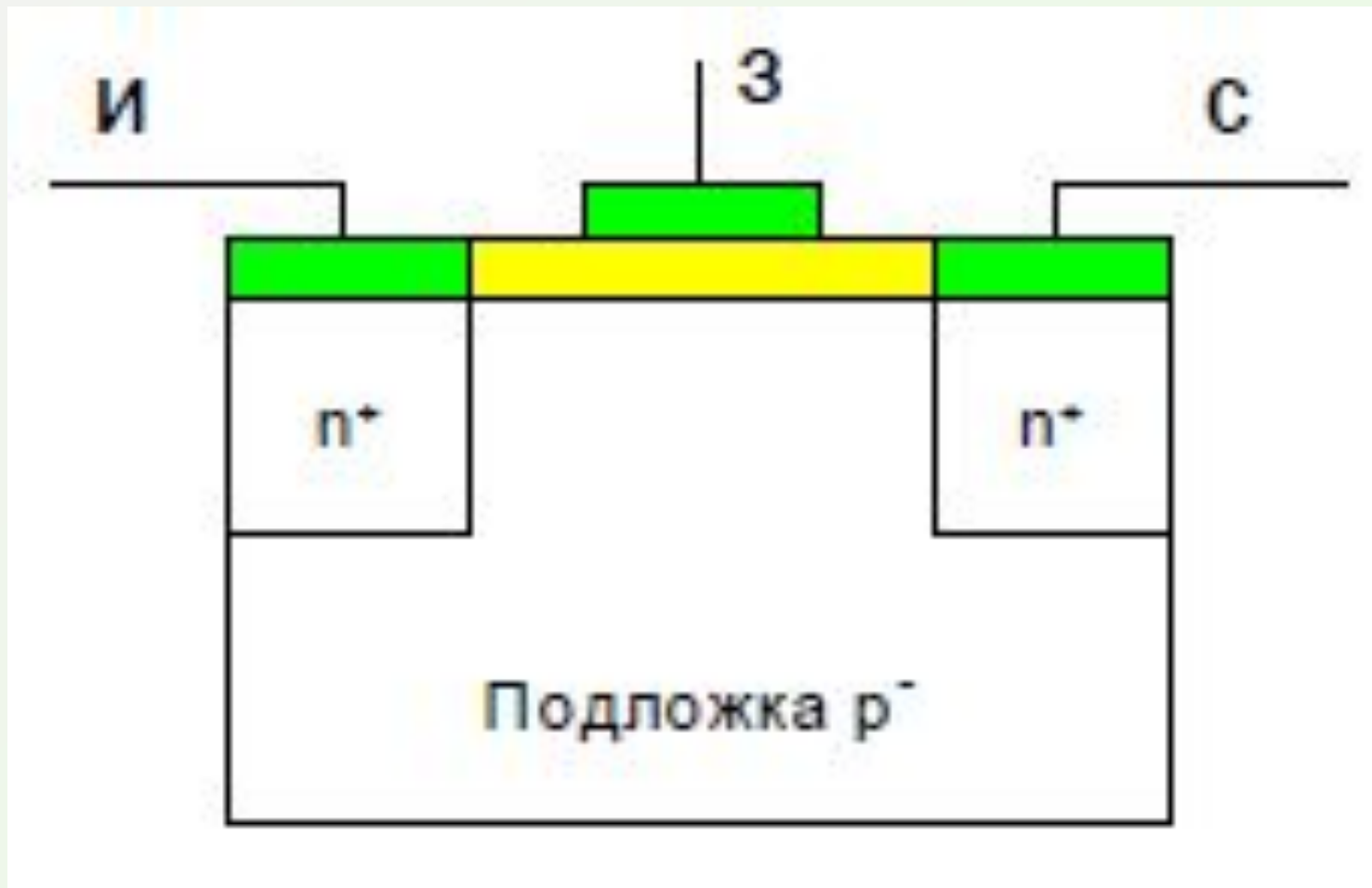
- **Предельные режимы**
- **Параметр Величина**
- **УСИ МАКС, В 3.5**
- **УЗИ МАКС, В -2.5**
- **УЗС МАКС, В -6.0**
- **Р МАКС, мВт 35**
- **Т, град С -60 +85**

3. Полевые транзисторы с изолированным затвором  
МДП-транзисторы (металл-диэлектрик-полупроводник)  
МОП-транзисторы (металл-окисел-полупроводник)



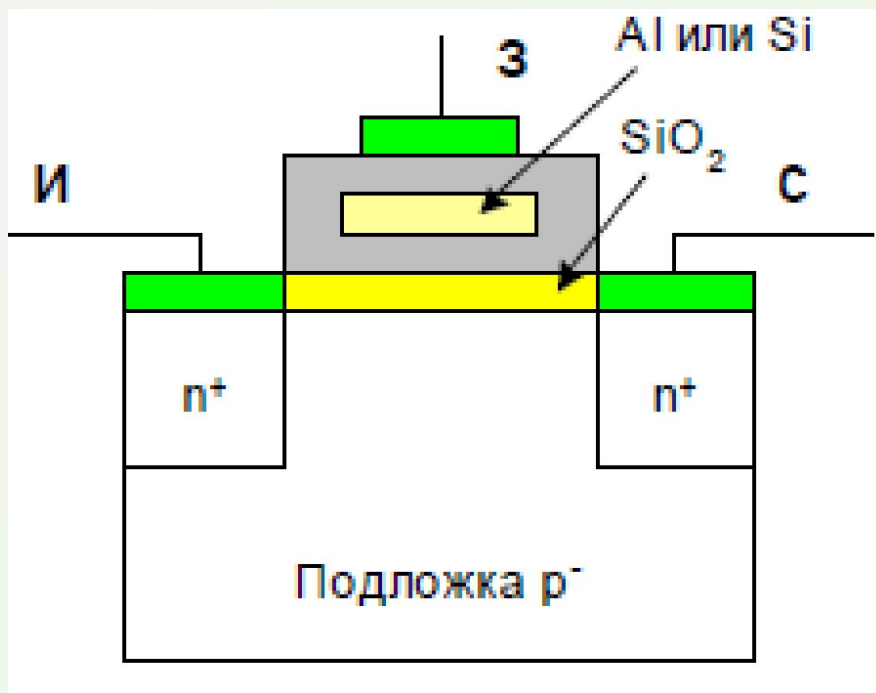
МДП –транзистор со встроенным каналом

## МДП - транзистор с индуцированным каналом



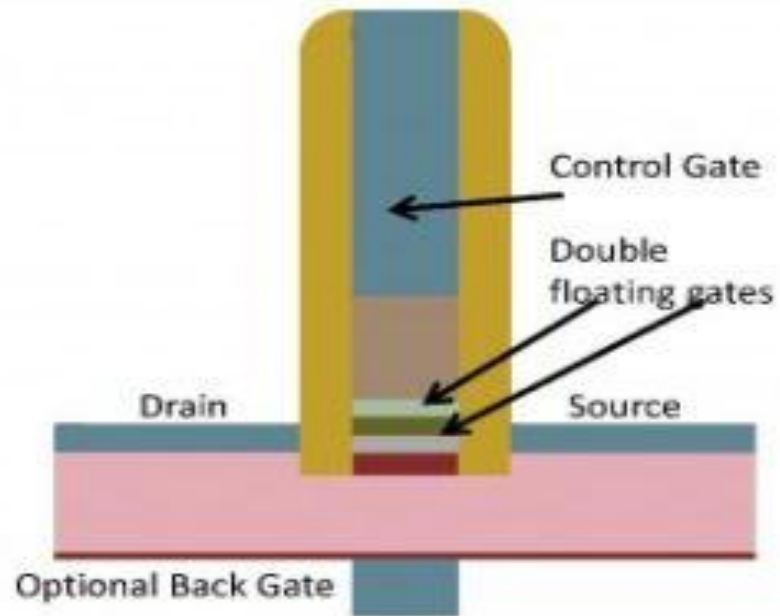
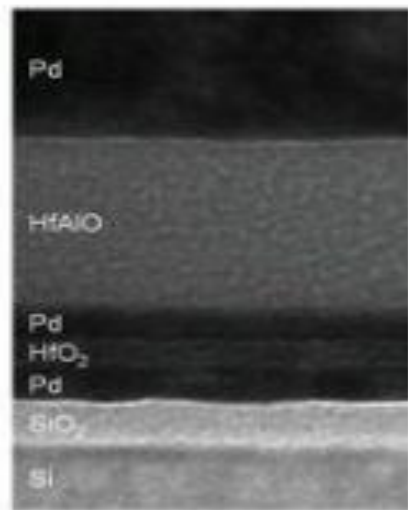
## МНОП – транзистор с плавающим затвором

М - металл, Н – сплав  $\text{HSi}_3\text{N}_4$ , О – оксид металла, П – полупроводник



Принцип действия этих транзисторов основан на том, что в сильных электрических полях электроны могут проникать в диэлектрик на глубину до 1мкм.

Применяются в интегральных микросхемах ЗУ в виде ячейки для хранения 1бит информации



Разработан полевой транзистором (FET) с двойным плавающим затвором на основе аморфного полупроводника индий-галлий-цинк-оксид .

Хранит данные в виде электрического заряда, позволит создавать на его базе ячейки памяти, размером в **16 нм**.



## Продукция Integra Technologies:

-транзисторы для применения в диапазонах VHF/UHF (непрерывный режим)

-транзисторы для применения в системах связи и опознавания

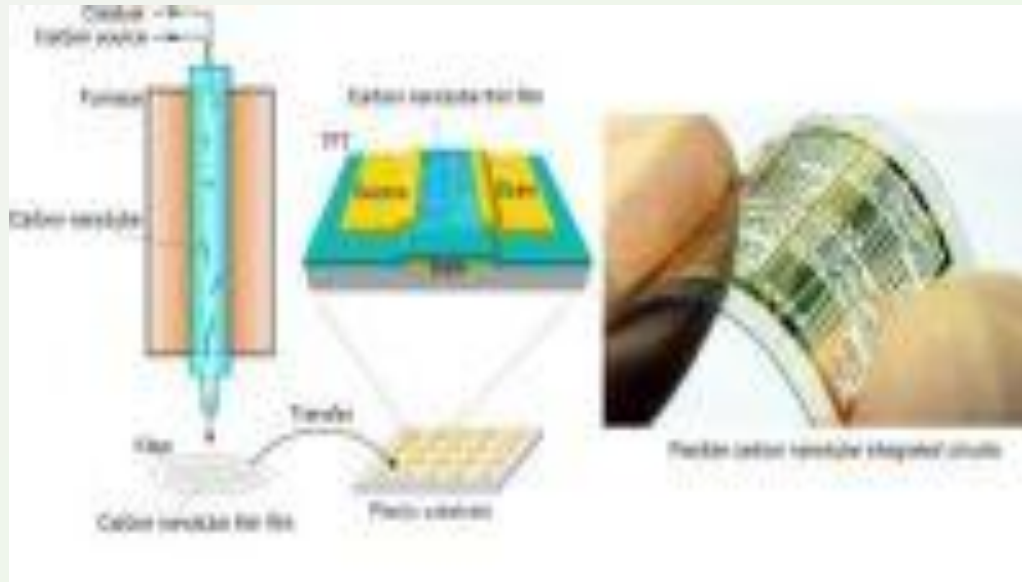
-транзисторы для применения в радарх VHF/UHF/L - диапазонов

-Транзисторы для применения в радарх S - диапазона

-усилительные submodule (паллеты)

усилители в транзисторном корпусе для применения в S-диапазоне

## Транзисторы на углеродных нанотрубках



откроют эру производства дешевых электронных устройств - так считают разработчики этой новой технологии ( международная команда ученых из университета Аалто в Финляндии и университета Нагои в Японии)

# Параметры МОП- транзисторов

Параметры прибора (схемы)	п-МОП с обогащенной нагрузкой, 1972	МОП, 1980	1989	2000	Коэффициент изменения
Длина канала $L$ , мкм	6	2	1-0,6	0,13	$N^{-1}$
Поперечная диффузия $L_D$ , мкм	1,4	0,4			$N^{-1}$
Глубина $p$ - $n$ переходов $x_B$ , мкм	2,0	0,8		0,07-0,13	$N^{-1}$
Толщина затворного оксида $d_{ox}$ , нм	120	40	20	10	$N^{-1}$
Напряжение питания $V_{пк}$ , В	4-15	2-4			$N^{-1}$
Минимальная задержка вентиля $t$ , нс	12-15	0,5			$N^{-1}$
Мощность на вентиль $P$ , мВт	1,5	0,4			$N^{-2}$
Количество транзисторов в процессоре Intel	2,5 тыс	80 тыс	1,2 млн	42 млн	$N^{-2}$