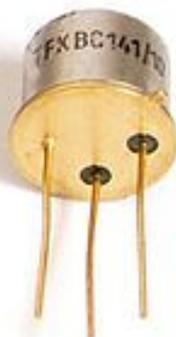
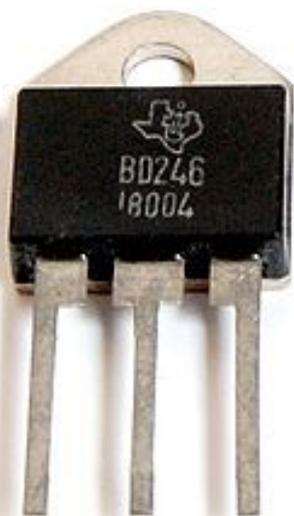


Биполярные транзисторы

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



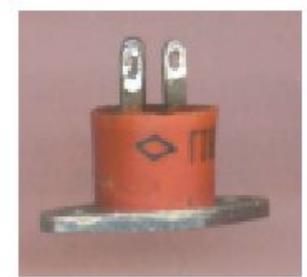
2П904А



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

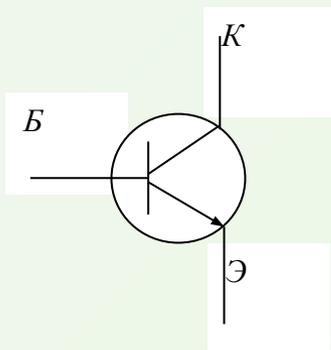
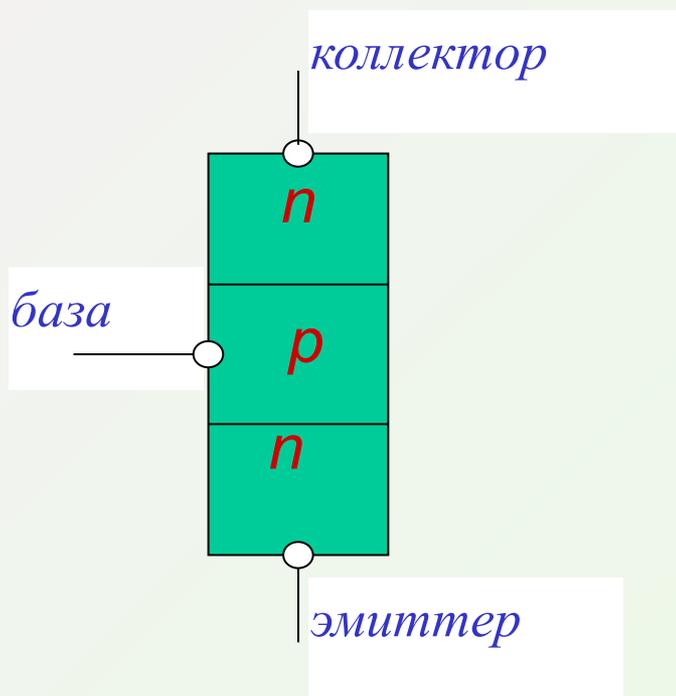
ММ (**<0,3 Вт**) маломощные транзисторы

СрМ (**0,3 - 3Вт**) средней мощности

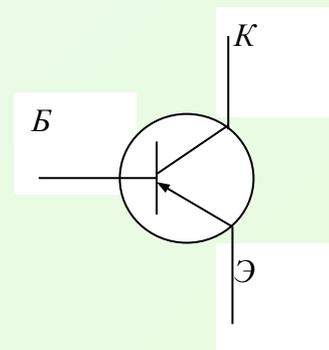
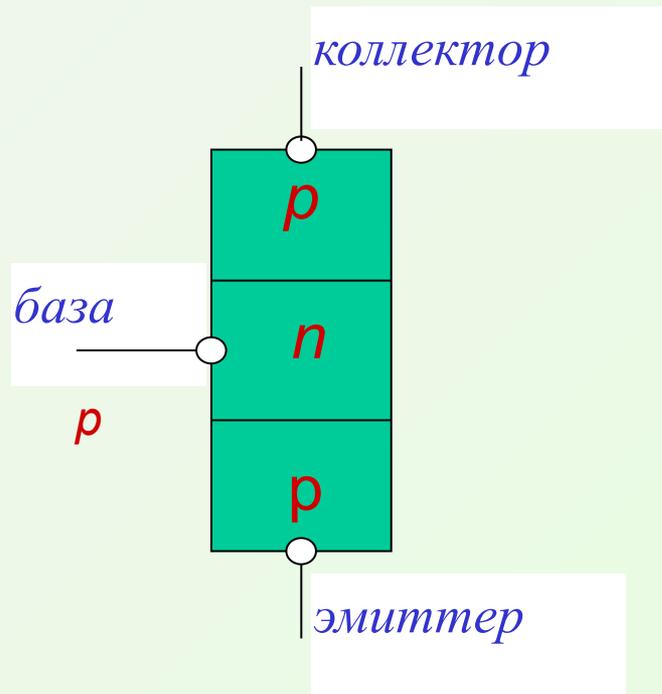
М (**>3 Вт**) мощные

Устройство и принцип действия биполярных транзисторов

n-p-n



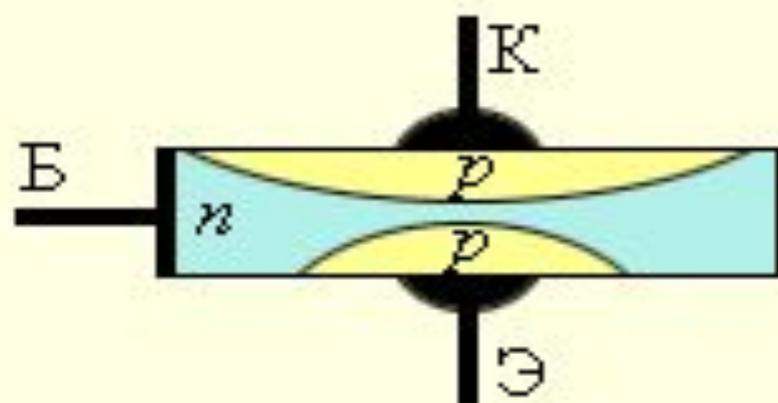
p-n-p



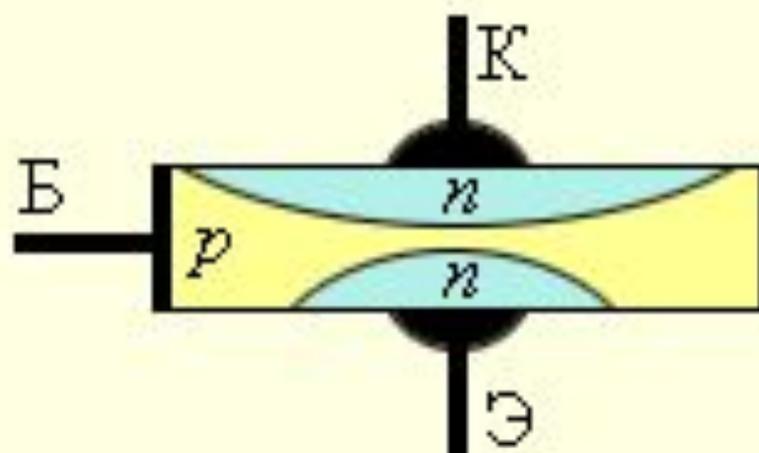
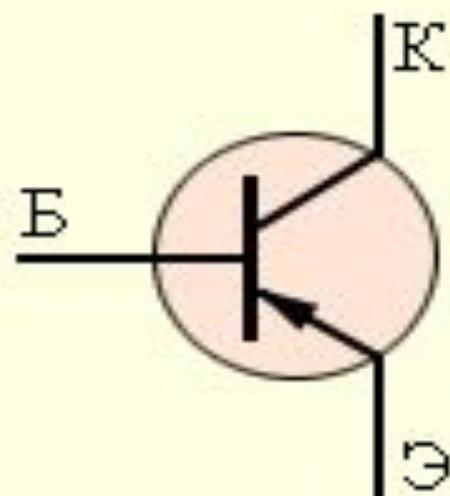
Действие *биполярного транзистора* (БТ) основано на использовании носителей зарядов обоих знаков: **дырок и электронов**.

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

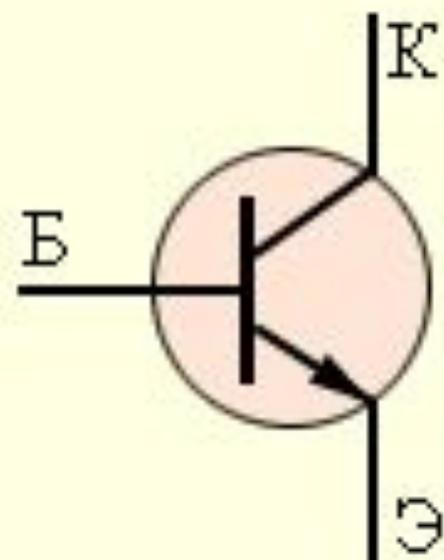
БТ управляется током .

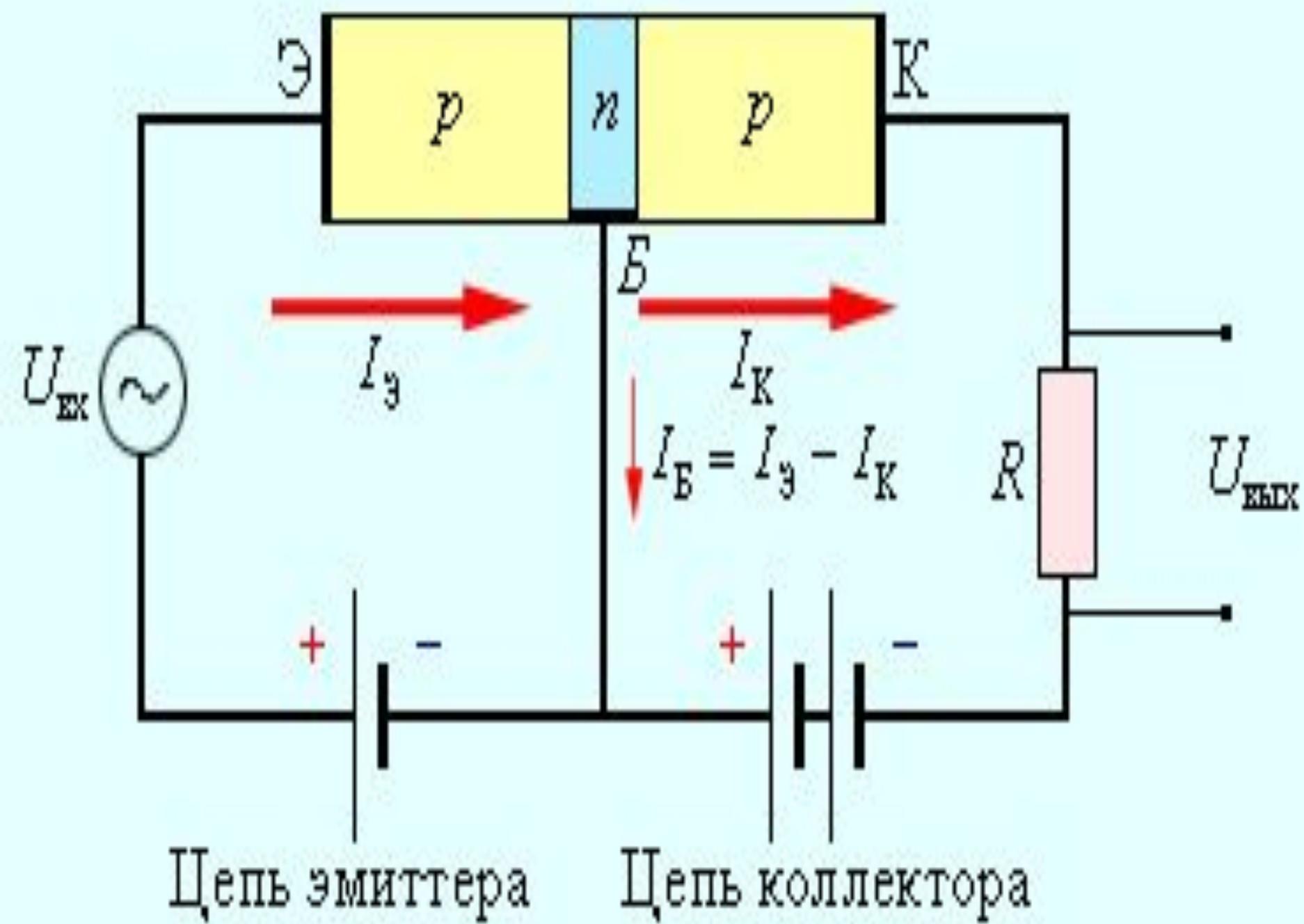


p-n-p



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

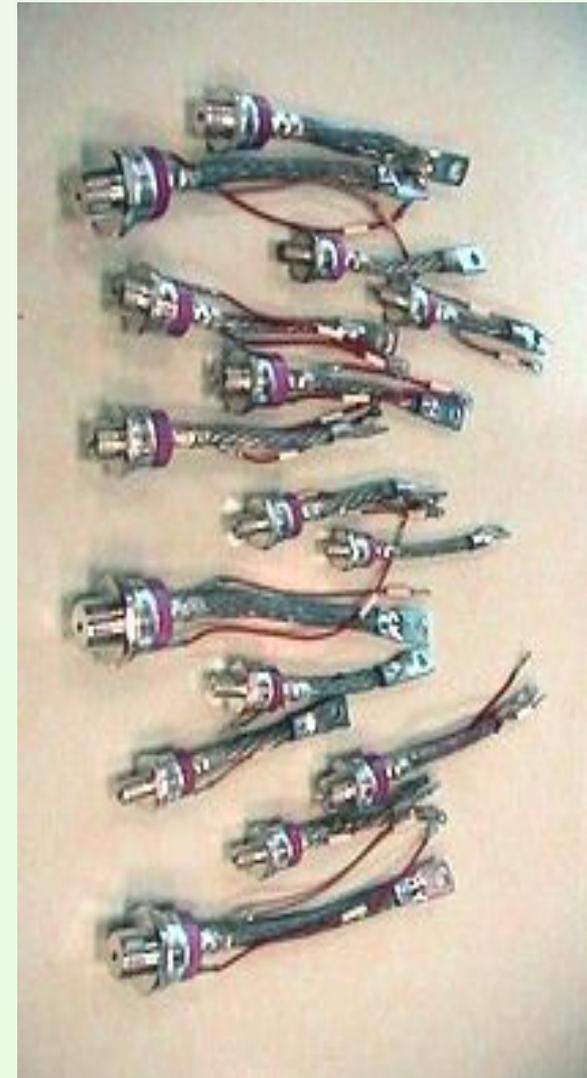
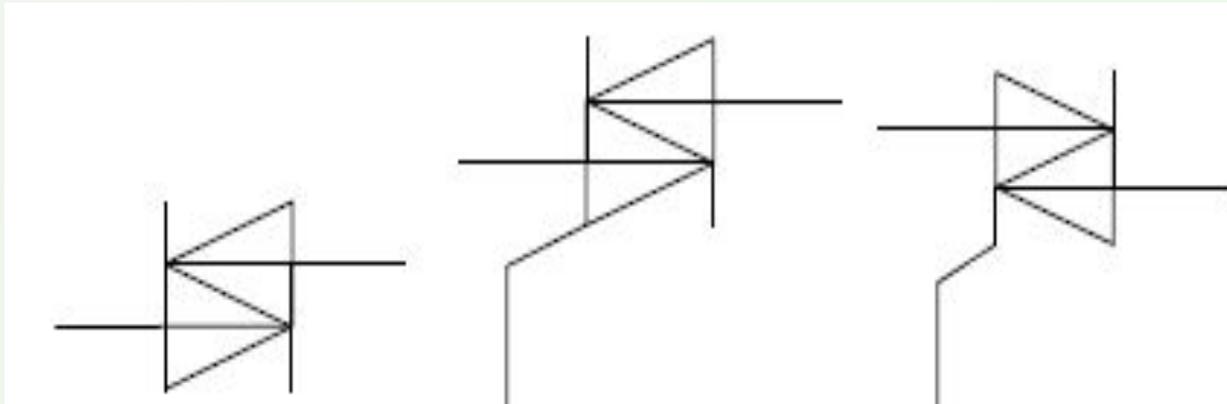
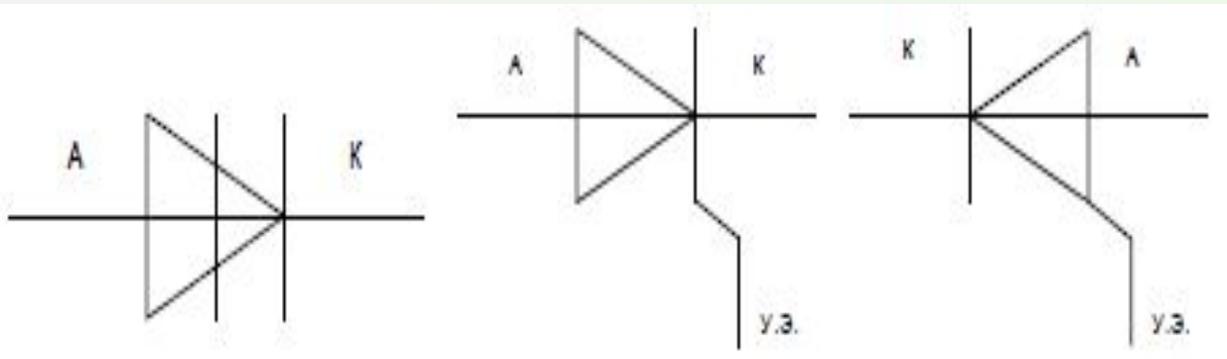
- Тиристоры — полупроводниковые приборы с тремя (или более) p-n переходами,
- которые имеют два устойчивых состояния и применяются как мощные электронные ключи.
- **Закрытое состояние - состояние низкой проводимости**
- **Открытое состояние - состояние высокой проводимости**



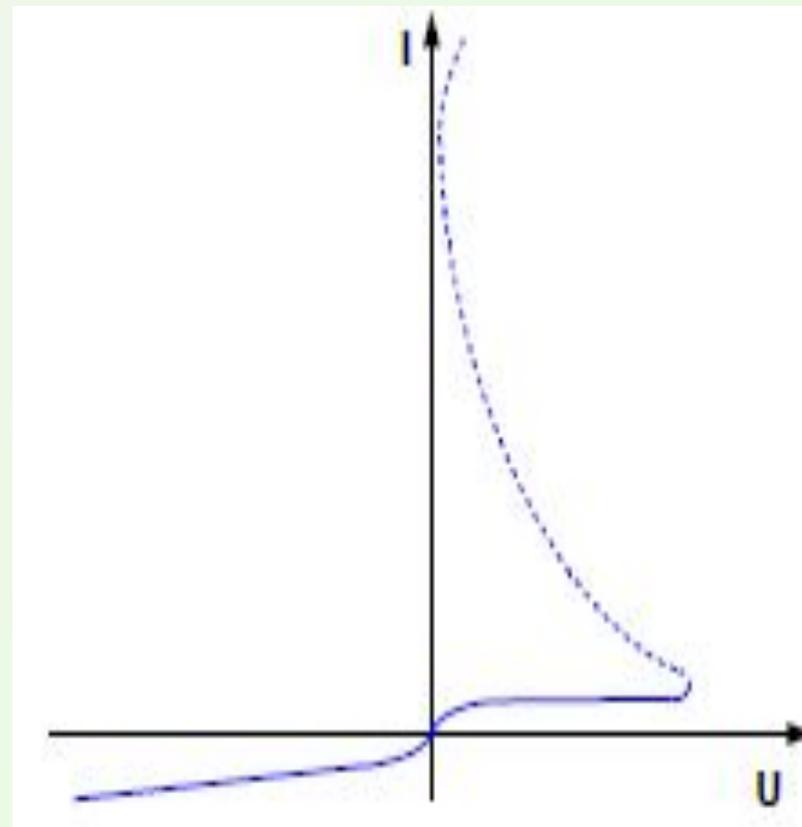
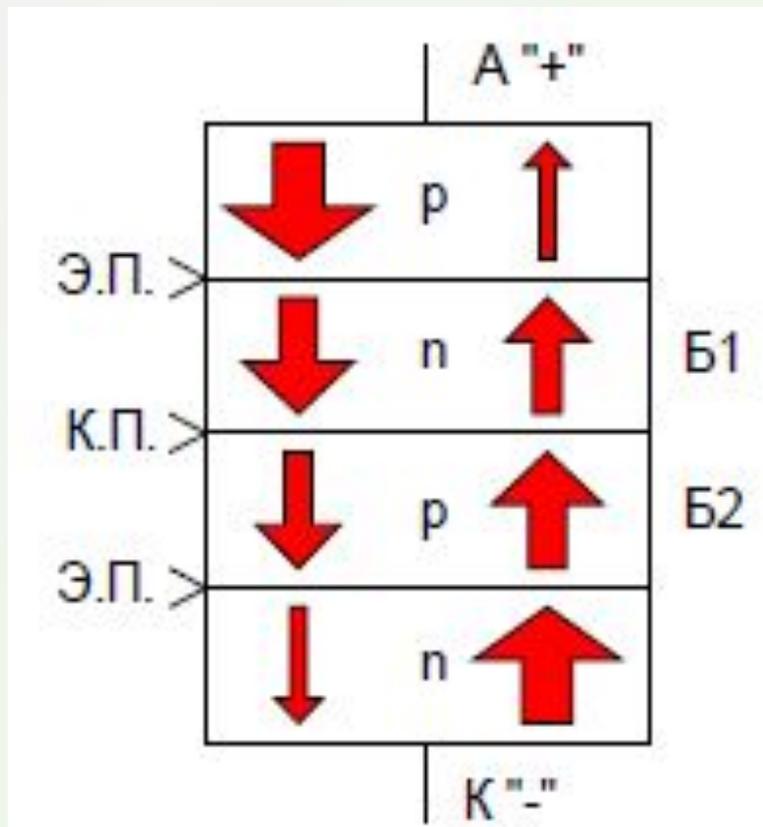


Тиристоры

диодные тиристоры - динисторы триодные тиристоры - тиристоры



Динисторы применяются в виде бесконтактных переключательных устройств.

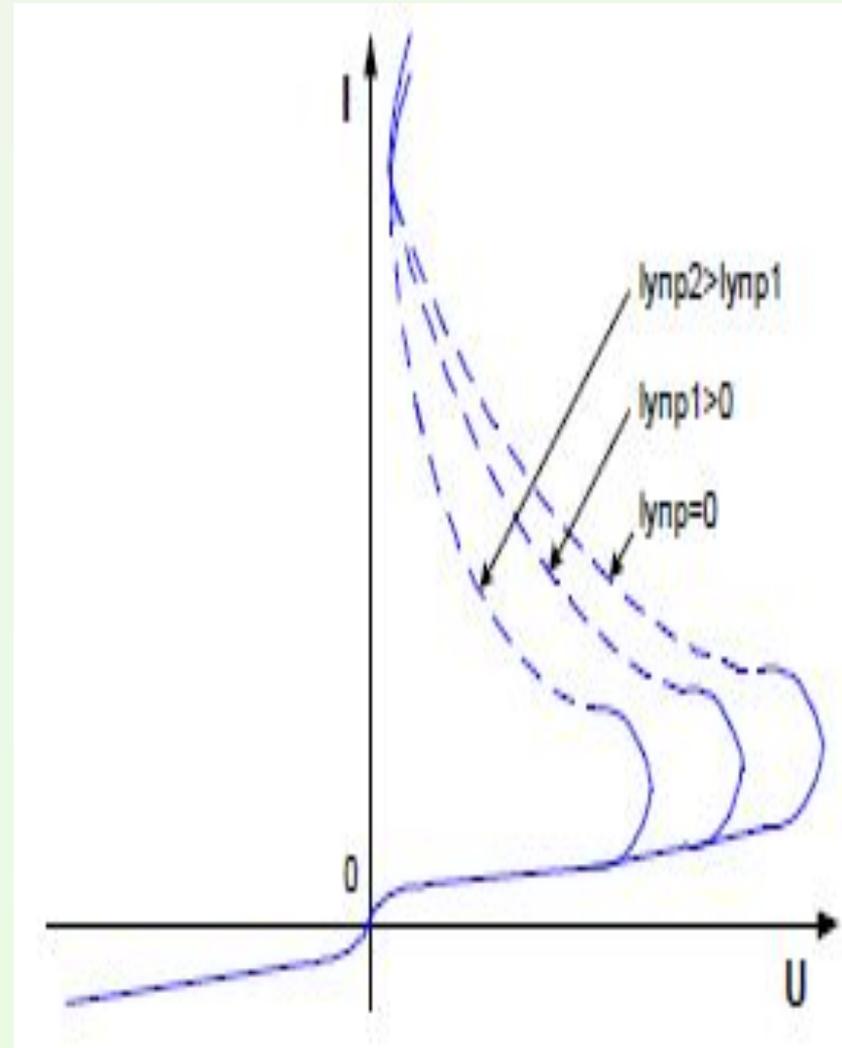
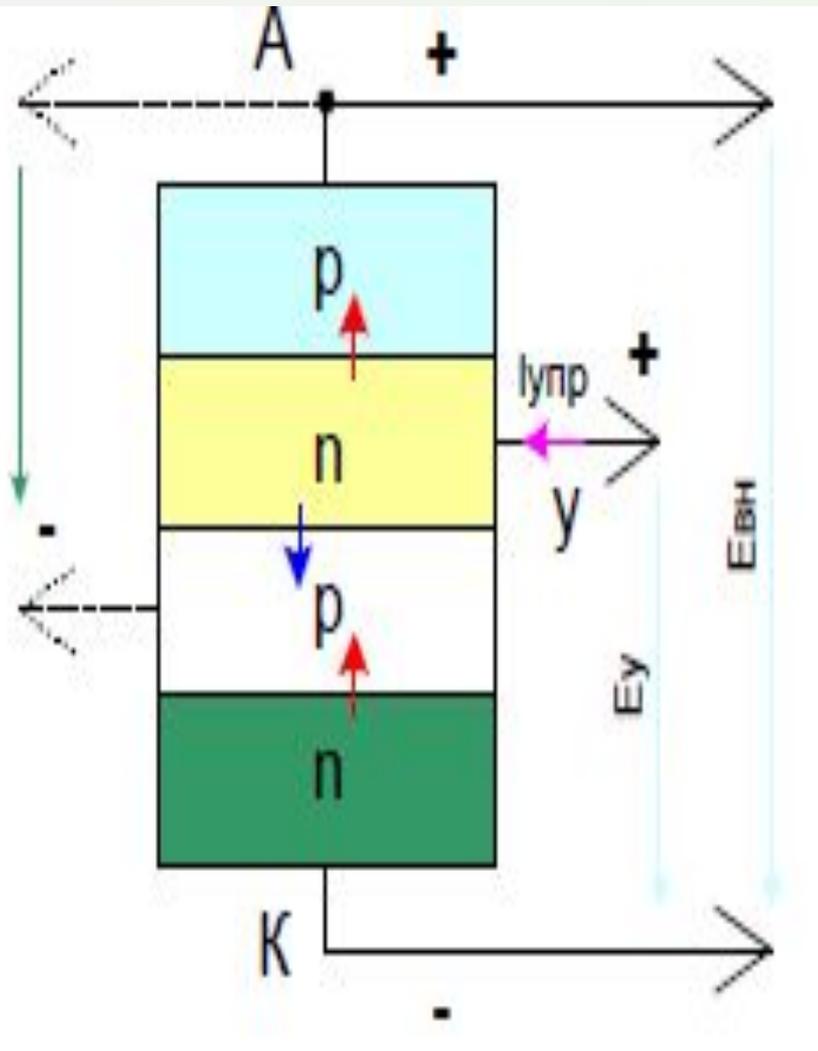


Принцип действия.

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 | |



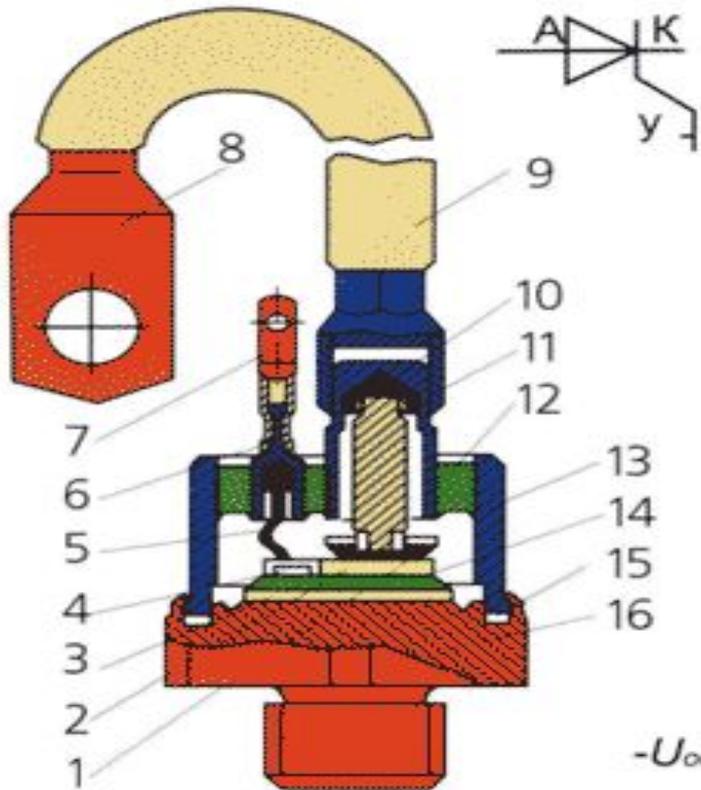
Тиристор C106M1-MOT (4A/600V) TO126
[1722] Minimum order: 1

10
Minimum order: 1

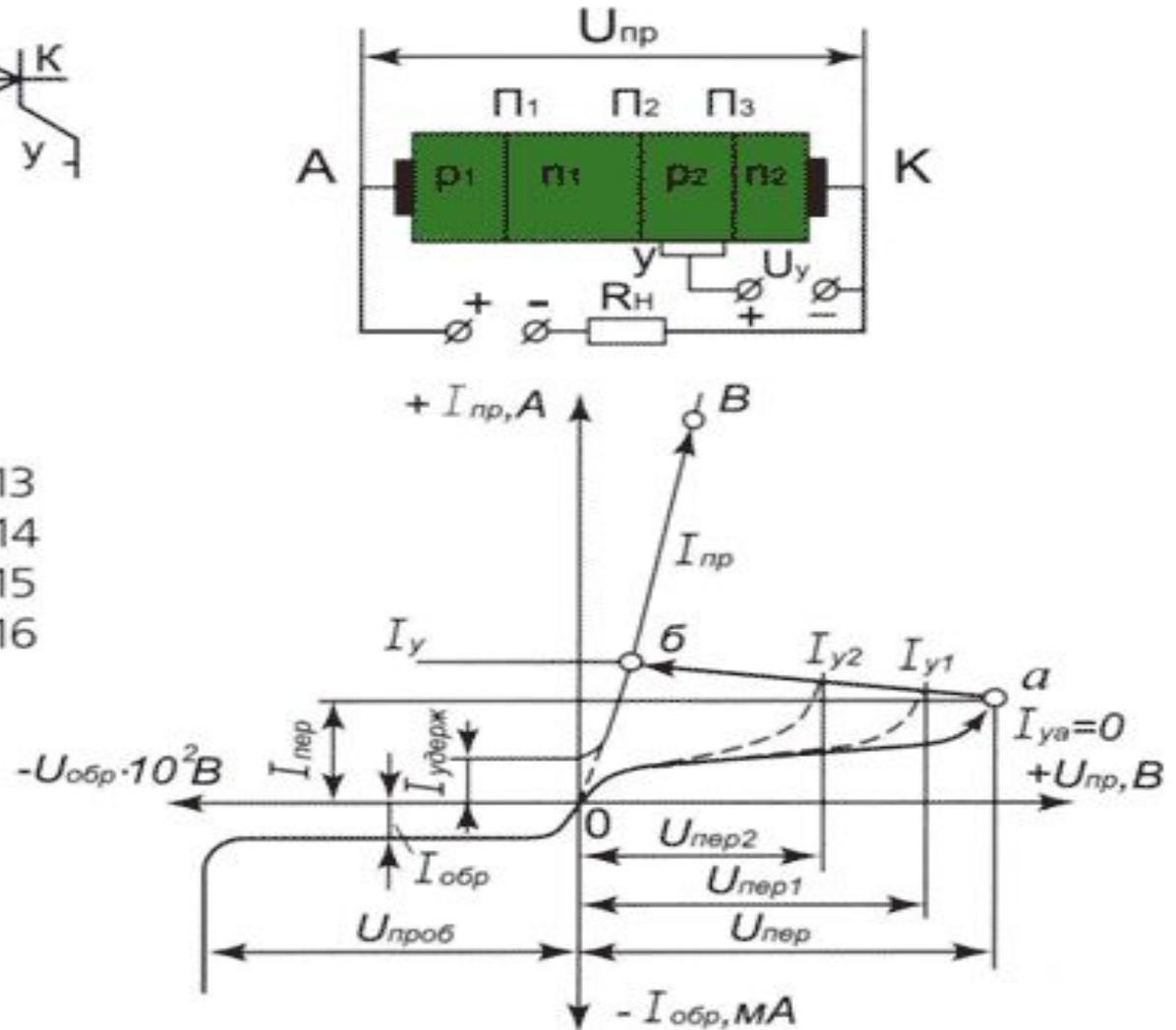
Штыревой кремниевый тиристор

forca.ru

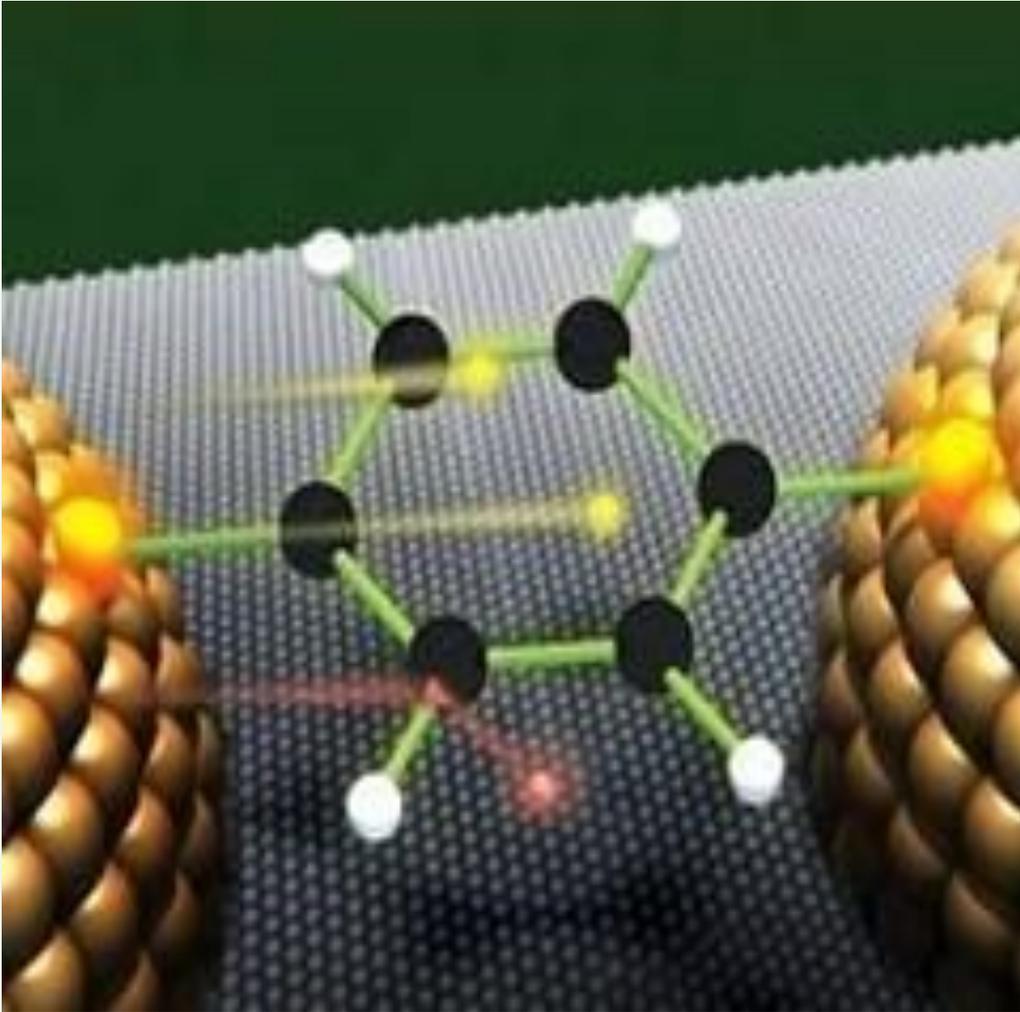
a)



б)



Корейские ученые создали нанотранзистор

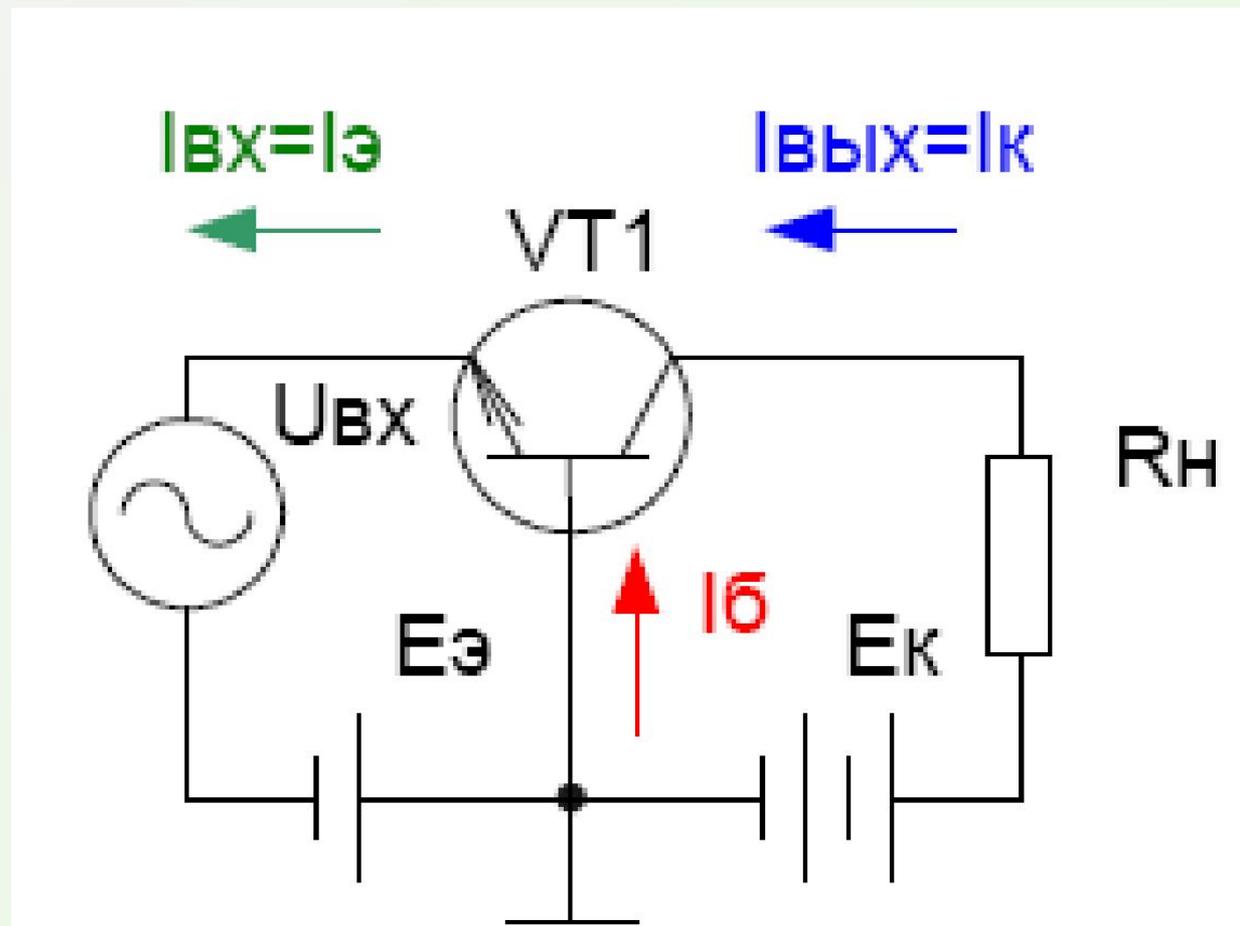


Транзистор состоит из шести атомов углерода, помещенных между двумя золотыми электродами. Такой транзистор позволит уменьшить размер микросхем, тем самым повысить их производительность, и снизить энергопотребление. Из собранных образцов рабочими оказываются лишь 15%. Пока нет технологии, позволяющей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

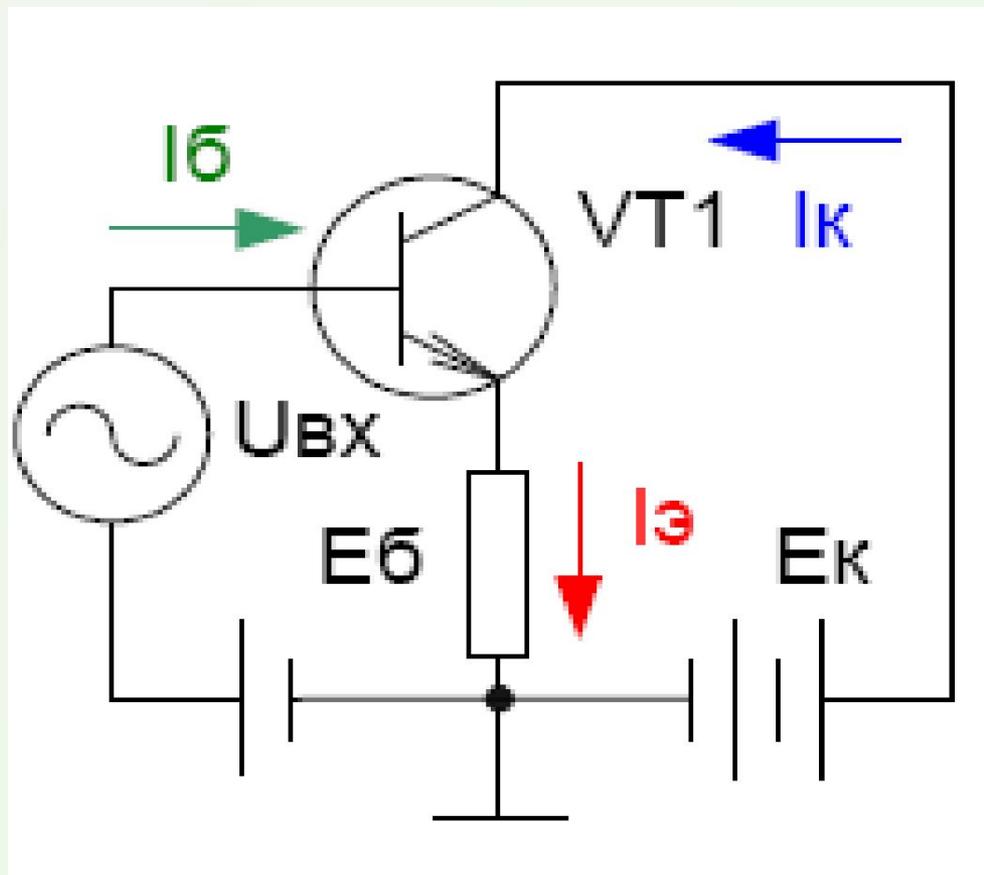
СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

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

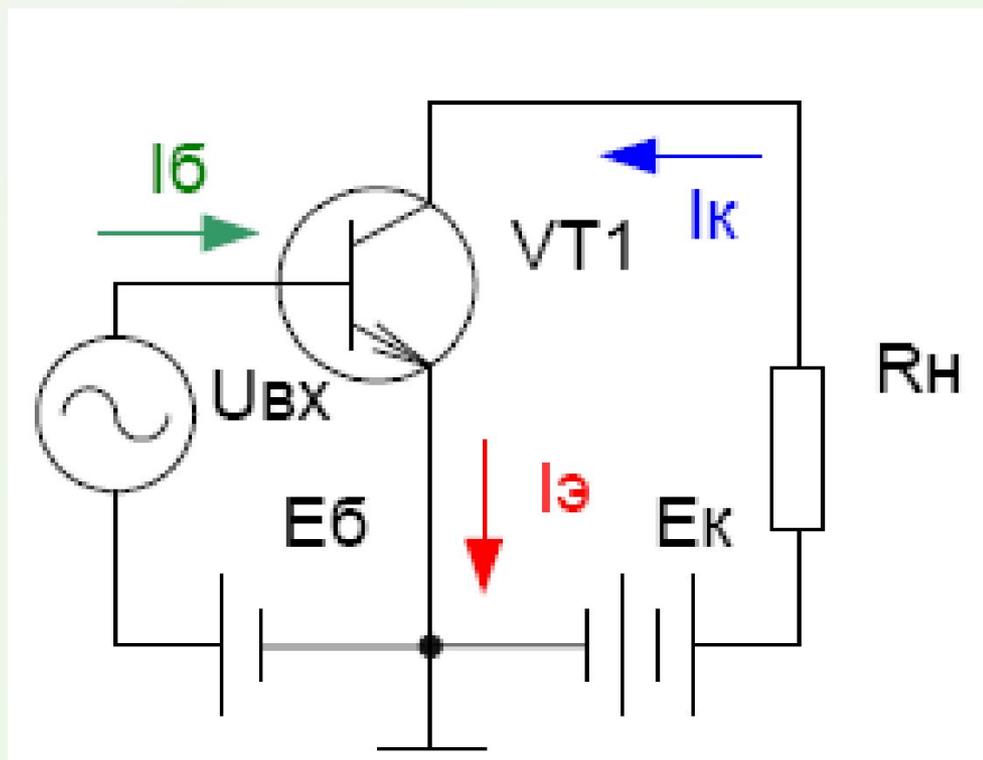
1.Схемы включения биполярных транзисторов с общей базой (ОБ)



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 |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------|
| ОБЩАЯ БАЗА ОБ | Низкое | Высокое | Высокое | Меньше 1 | Среднее |
| ОБЩИЙ ЭМИТТЕР ОЭ | Среднее | Среднее | Среднее | Среднее | Высокое |
| ОБЩИЙ КОЛЛЕКТОР ОК | 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, SiO_2

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

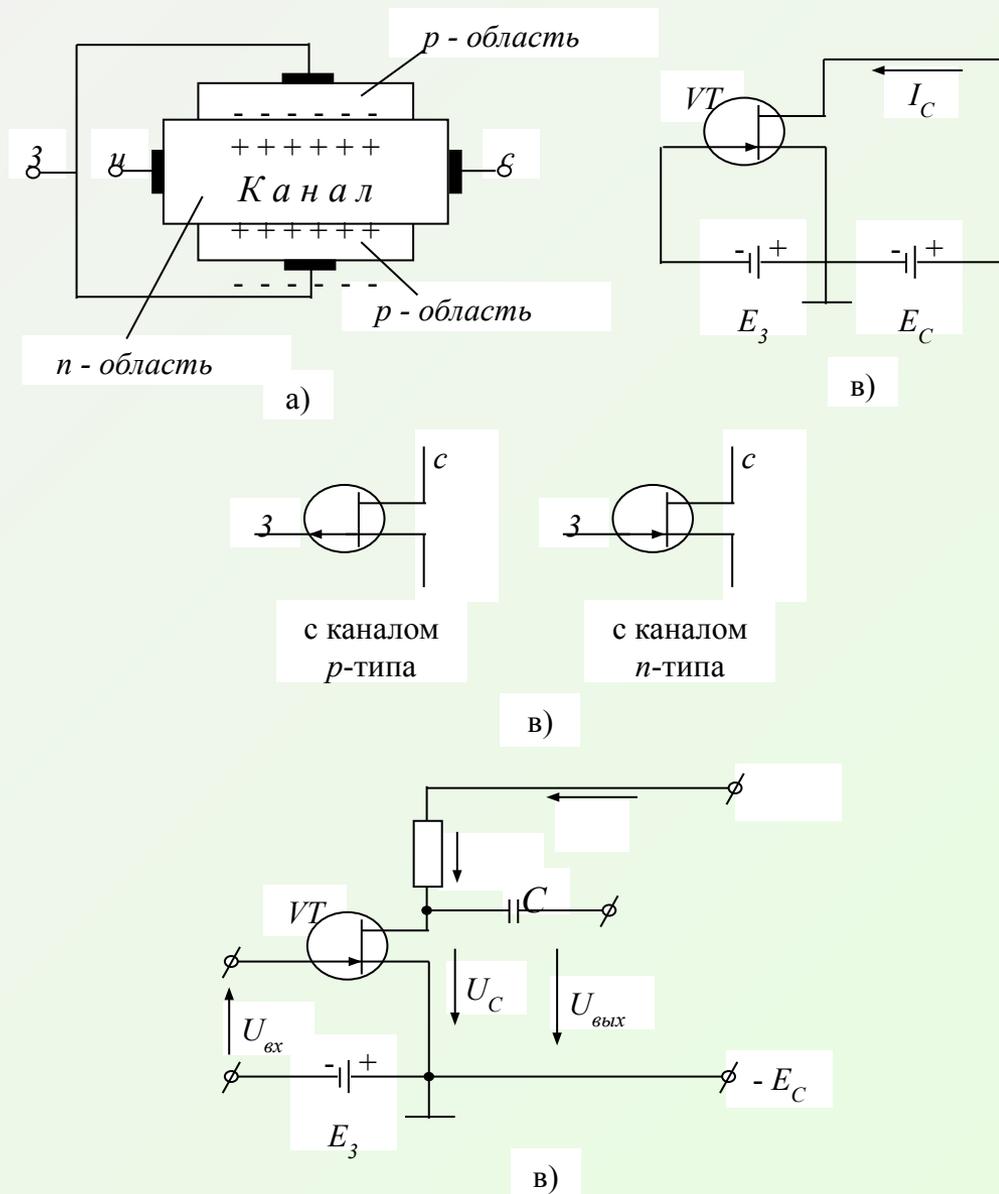
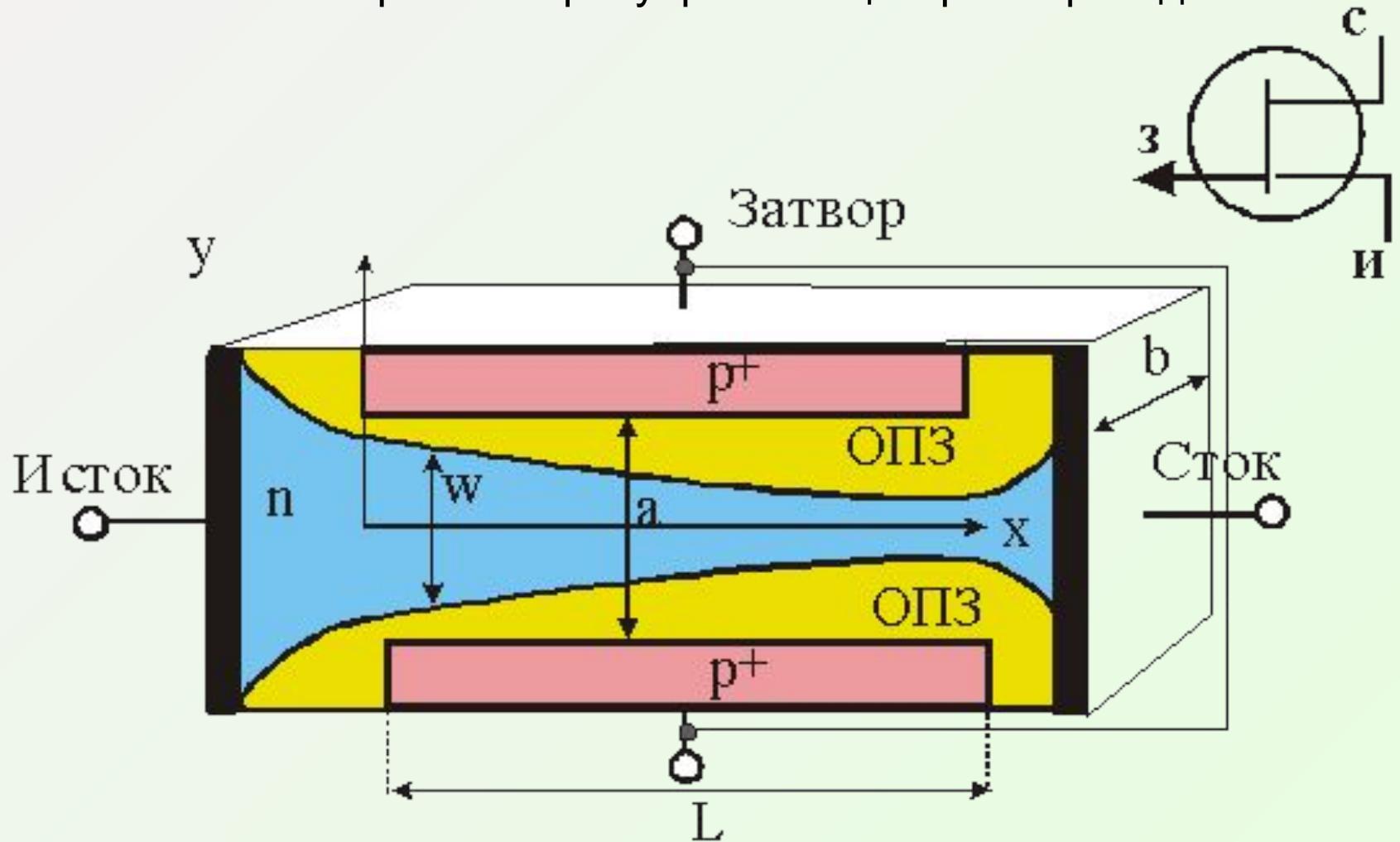
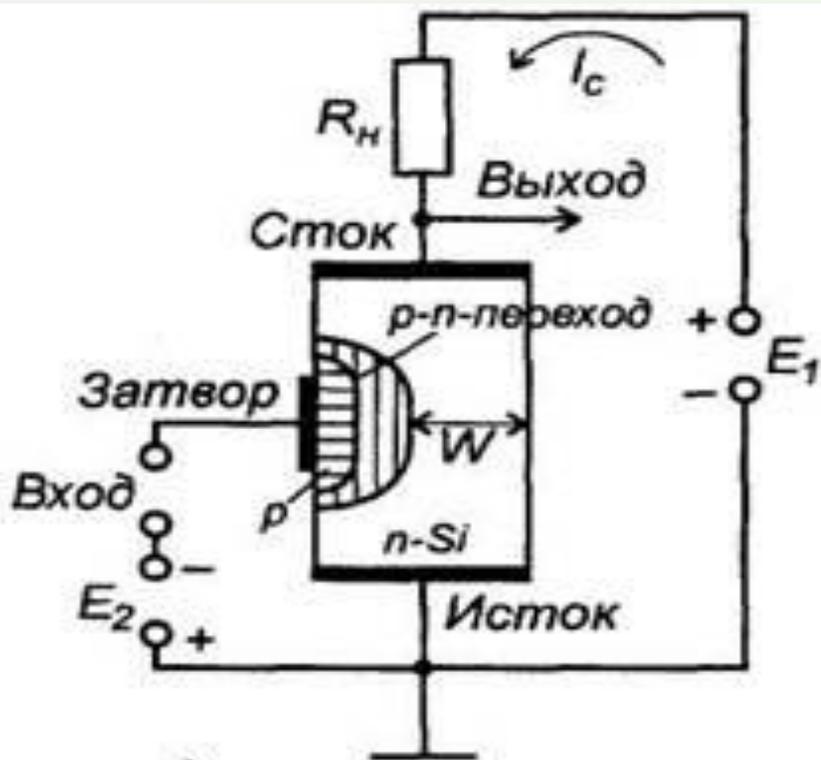


Рис. 1

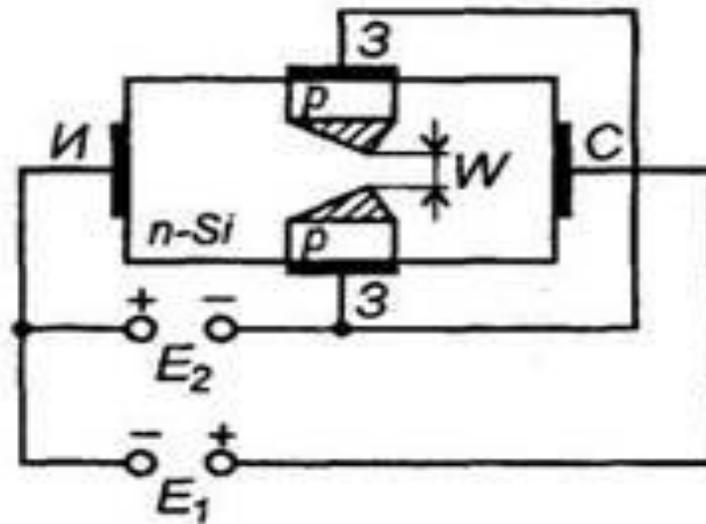
Полевой транзистор с управляющим р-п переходом



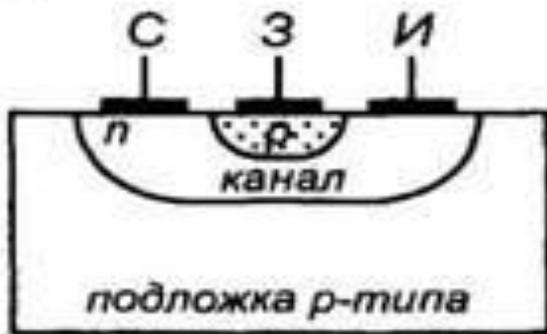
Полевой транзистор с управляющим р-п переходом



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);

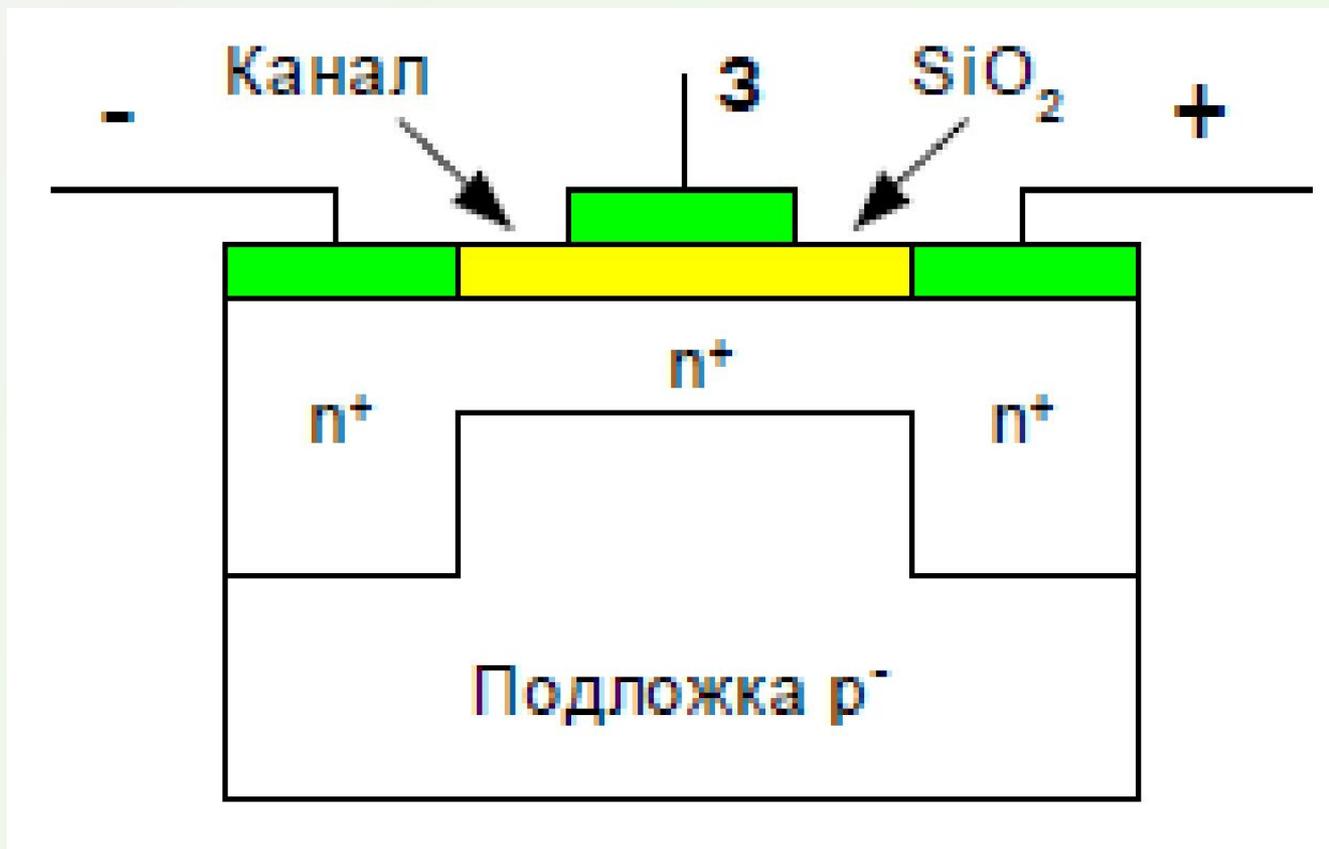
- Коэффициент шума **КШ мин < 0.85 дБ (12 ГГц)**;

- **Длина затвора 0.25 мкм**;

- **Ширина затвора 150 мкм**.

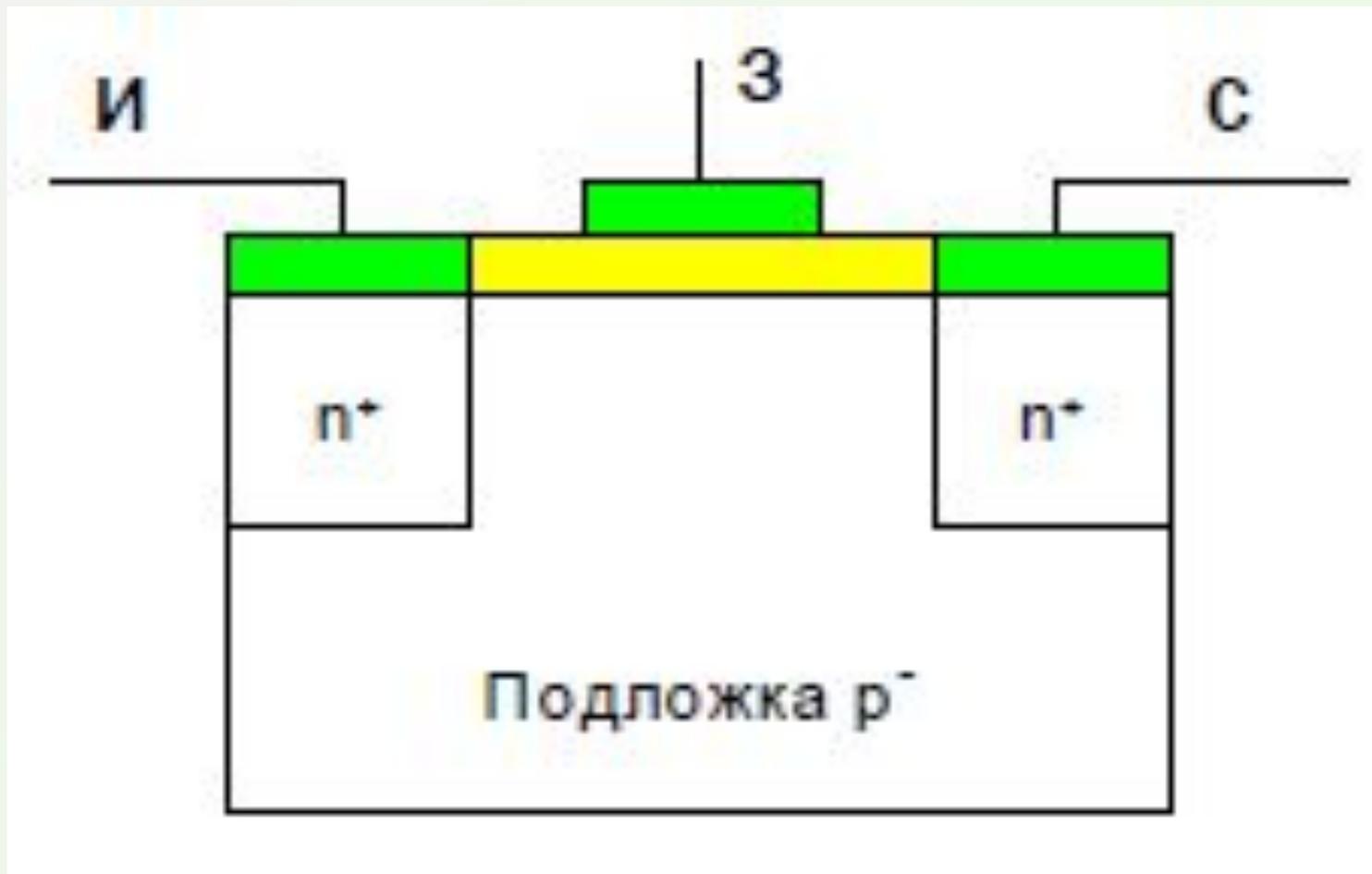
- **Предельные режимы**
- **Параметр Величина**
- **УСИ МАКС, В 3.5**
- **УЗИ МАКС, В -2.5**
- **УЗС МАКС, В -6.0**
- **Р МАКС, мВт 35**
- **Т, град С -60 +85**

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



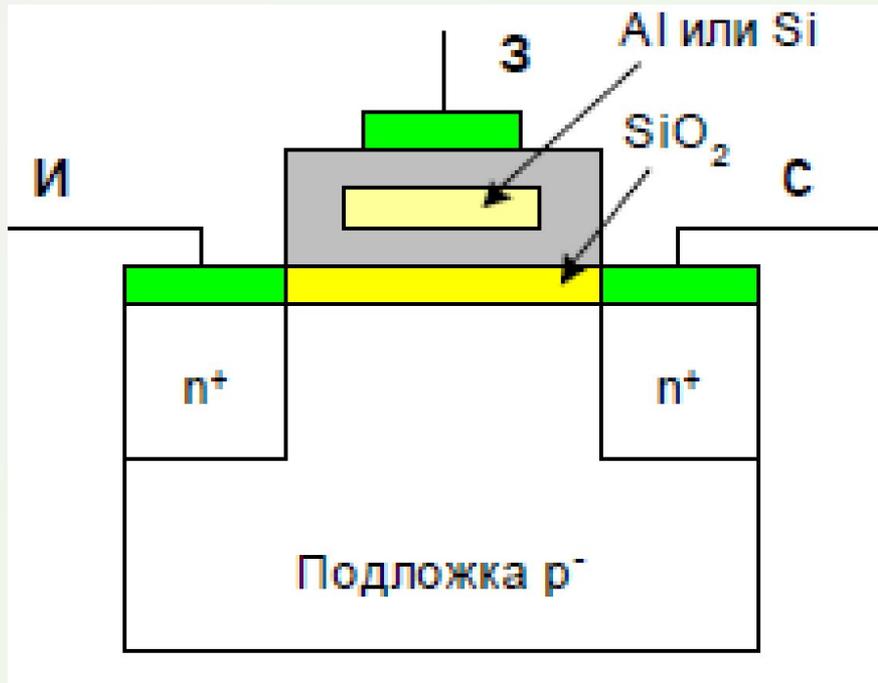
МДП –транзистор со встроенным каналом

МДП - транзистор с индуцированным каналом



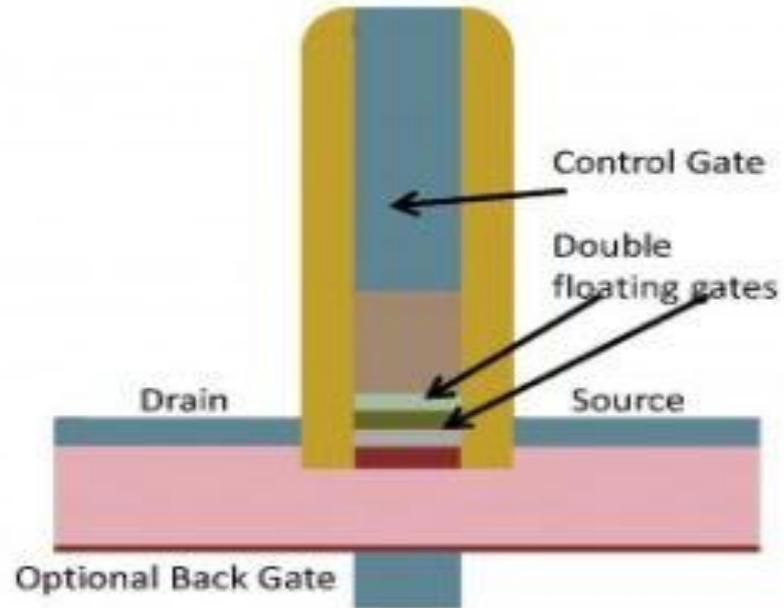
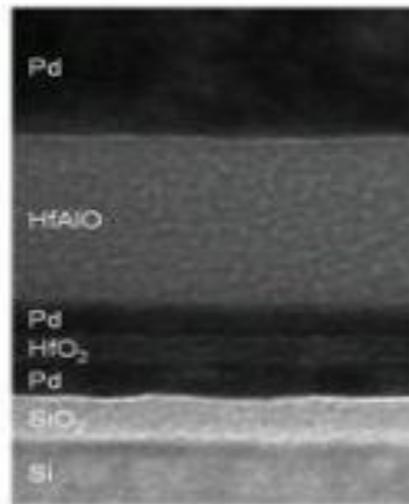
МНОП – транзистор с плавающим затвором

М - металл, Н – сплав HSi_3N_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

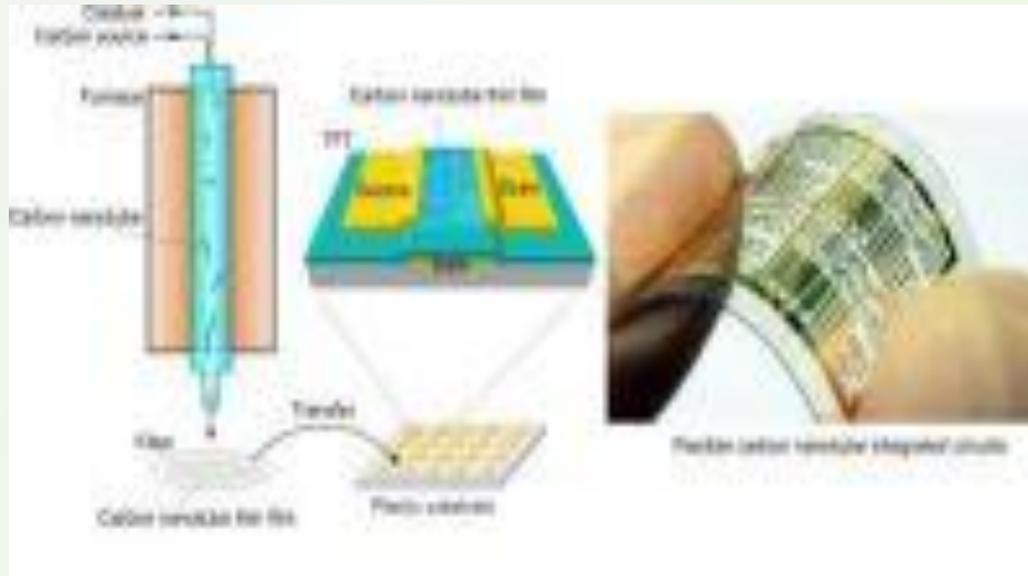
-транзисторы для применения в радарх VHF/UHF/L - диапазонов

-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} |