

Полевые транзисторы

Полевой транзистор – полупроводниковый прибор, усилительные свойства которого обусловлены движениями основных носителей заряда одного знака через проводящий канал и который управляется электрическим полем, создаваемым входным напряжением.

Управляющий электрод полевого транзистора называется затвором. Он должен быть изолирован от канала.

По способу изоляции затвора различают:

- транзисторы с управляющим $p - n$ переходом (или с $p - n$ затвором).
- с изолированным затвором.

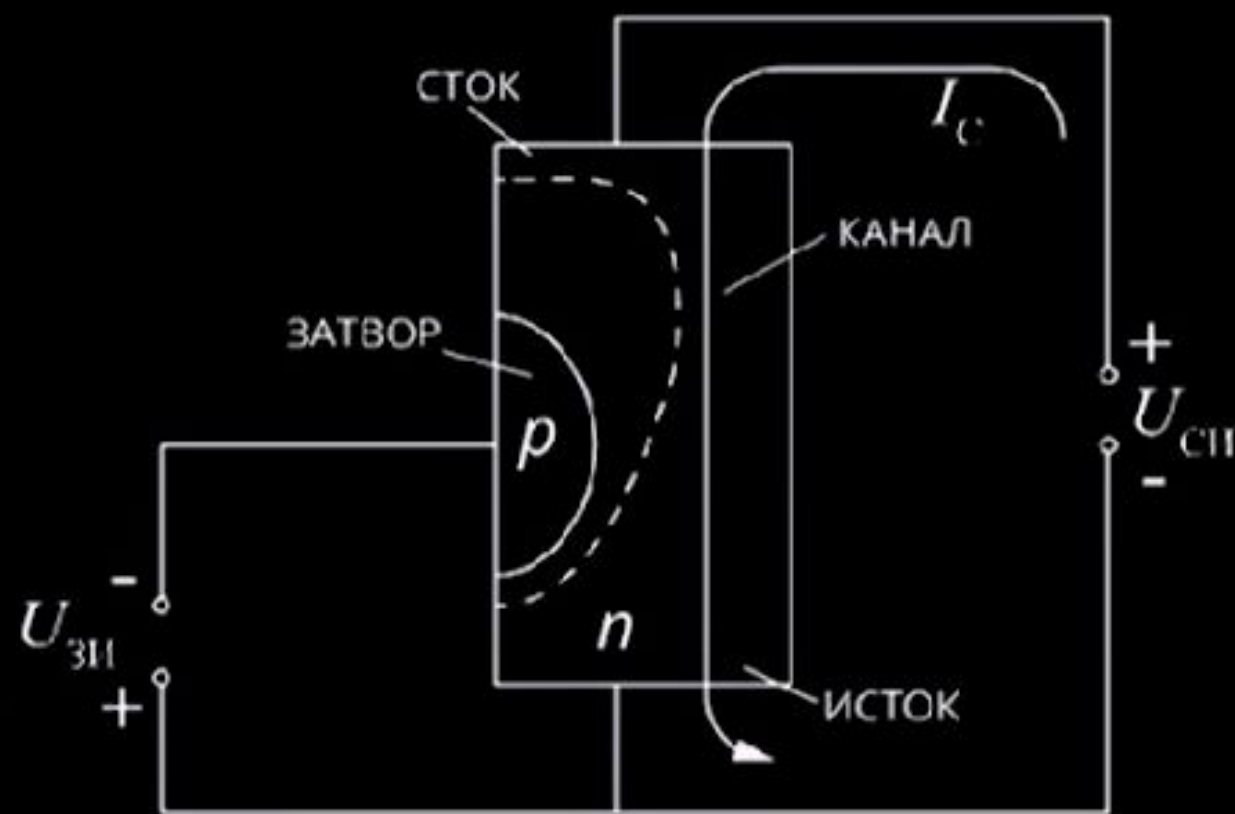
***Полевые
транзисторы
с р-п-затвором***

Устройство и принцип действия

Источник $U_{зи}$ создает на $p - n$ -переходе обратное напряжение. За счет более низкой концентрации примесей в канале запирающий слой $p - n$ -перехода в основном располагается в p/n -типа.

Под действием источника $U_{си}$ через канал потечет ток основных носителей (электронов) от истока (И) к стоку (С).

Принцип управления током в полевом транзисторе: изменяя $U_{зи}$, можно регулировать толщину запирающего слоя и ширину канала, изменяя его сопротивление и тем самым варьируя ток стока.



Затвор – полупроводник p -типа.

Канал – полупроводник n -типа.

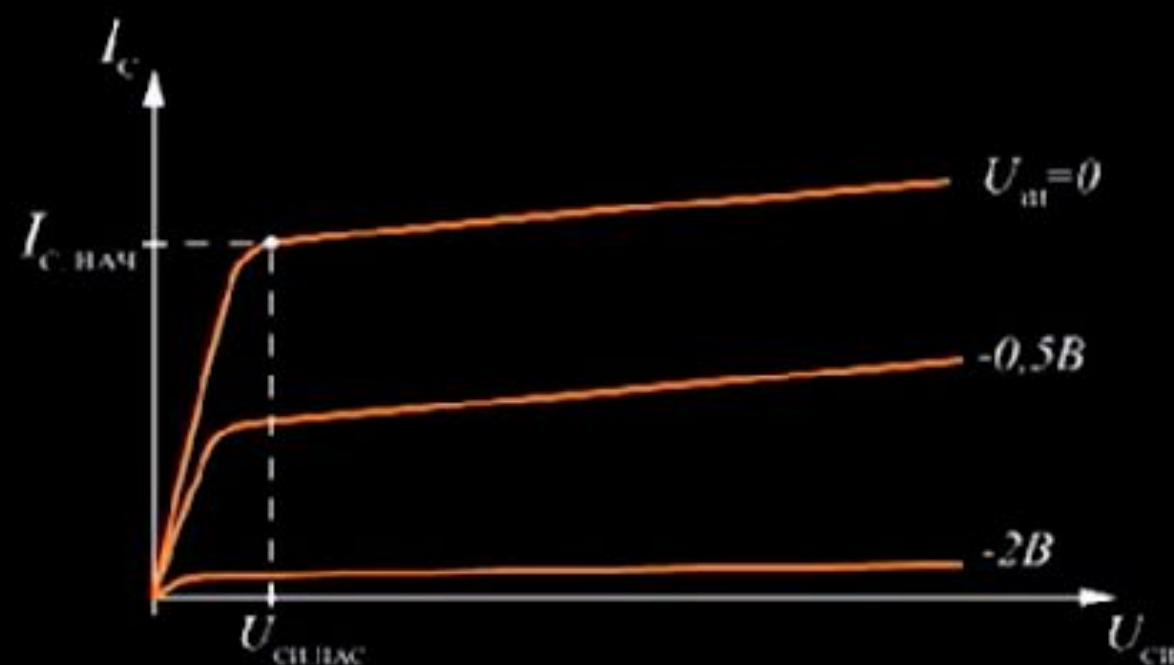
На их границе образуется $p - n$ -переход.

Статические характеристики

1. Выходные характеристики

С ростом напряжения $U_{си}$ ток стока I_c сначала увеличивается согласно закону Ома, а затем достигает насыщения. Это объясняется равновесием двух процессов: роста тока по закону Ома и его уменьшения за счет перекрытия канала запирающим слоем $p-n$ -перехода.

Если увеличить $|U_{зи}|$, то сопротивление канала возрастет, и ток стока уменьшится.



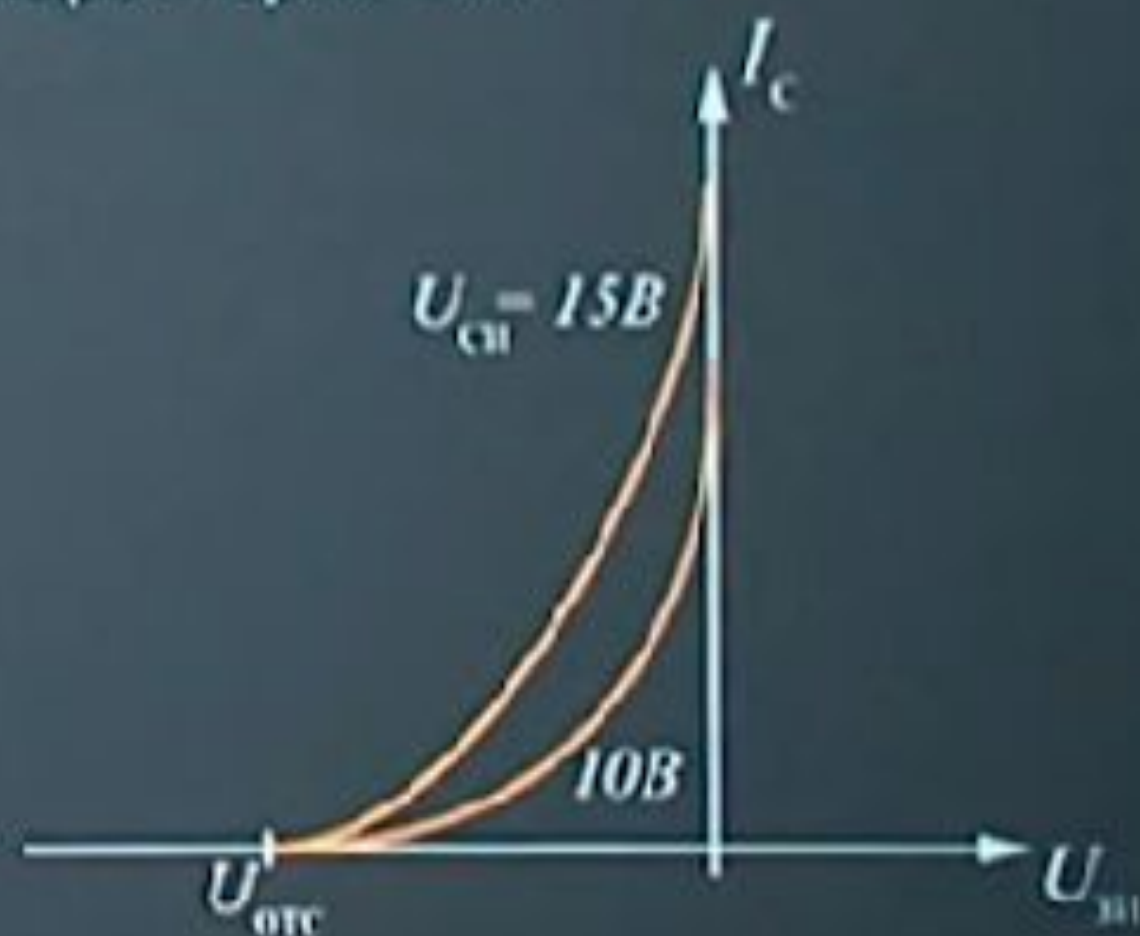
$U_{си,нас}$ — напряжение насыщения

$I_{c,нач}$ — начальный ток стока

$$I_c = f(U_{си}) \Big|_{U_{зи} = const}$$

2. Передаточные (управляющие) характеристики

$$I_c = f(U_{\text{эл}}) \Big|_{U_{\text{сш}} = \text{const}}$$



Напряжение отсечки ($U_{\text{отс}}$) - это напряжение, при котором $I_c = 0$.

***Полевые
транзисторы
с изолированным
затвором***

Такие транзисторы имеют структуру металл – диэлектрик – полупроводник (МДП – транзисторы). В роли диэлектрика может выступать оксид – SiO_2 (МОП – транзистор).

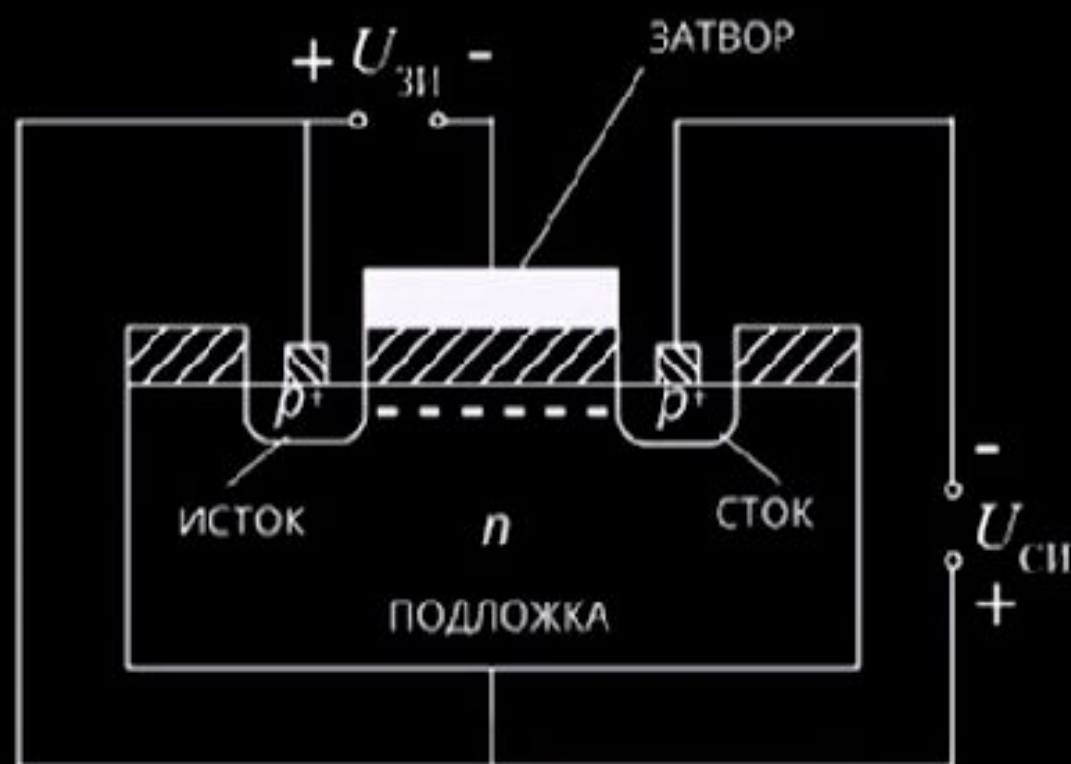
Две разновидности МДП транзисторов:

- с индуцированным каналом
- со встроенным каналом

Области стока и истока p – типа образуют с подложкой n – типа два встречно включенных $p - n$ – перехода. При подключении к ним источника любой полярности $I = 0$.

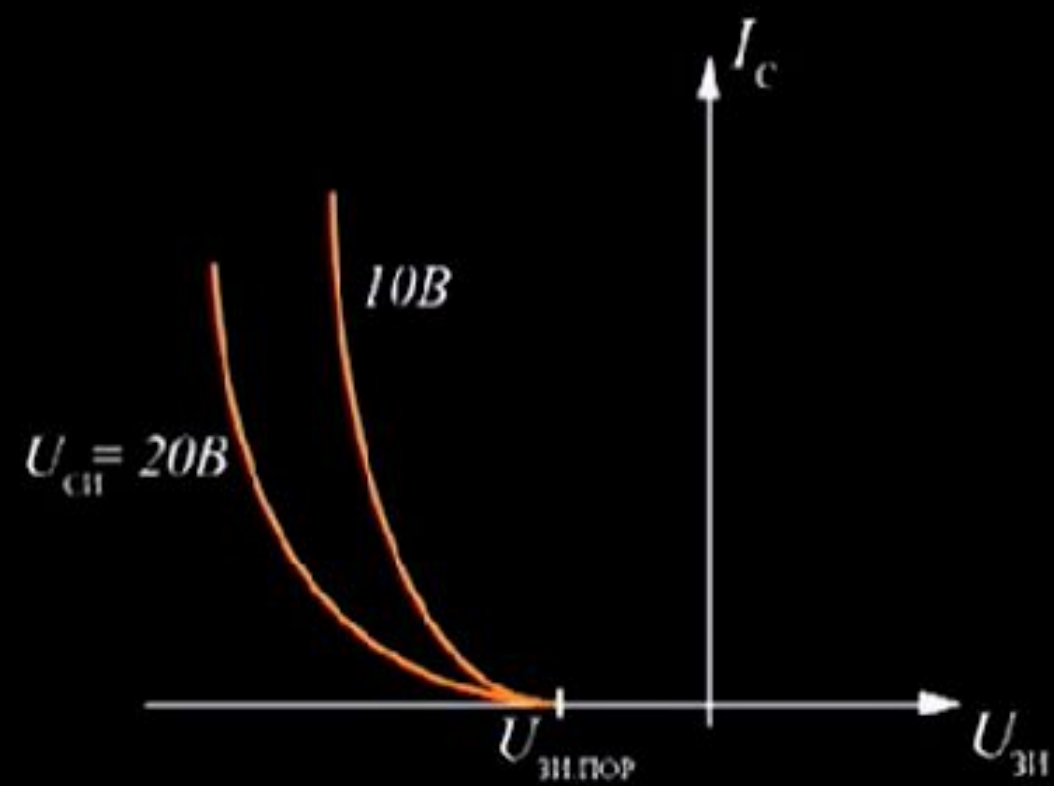
Если $U_{зи} < 0$, $|U_{зи}| > |U_{зипор}|$, то в слое полупроводника под затвором будут накапливаться дырки, образуя канал p – типа.

При $\uparrow |U_{зи}|$ толщина канала растет, $I_c \uparrow$.



МДП – транзистор с индуцированным каналом

Передаточные характеристики:



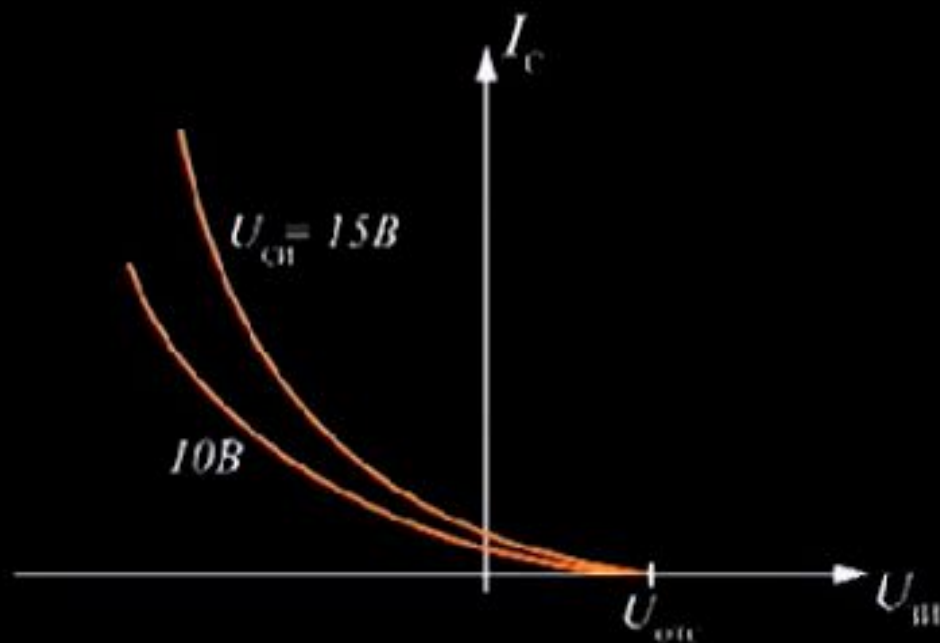
Выходные характеристики:



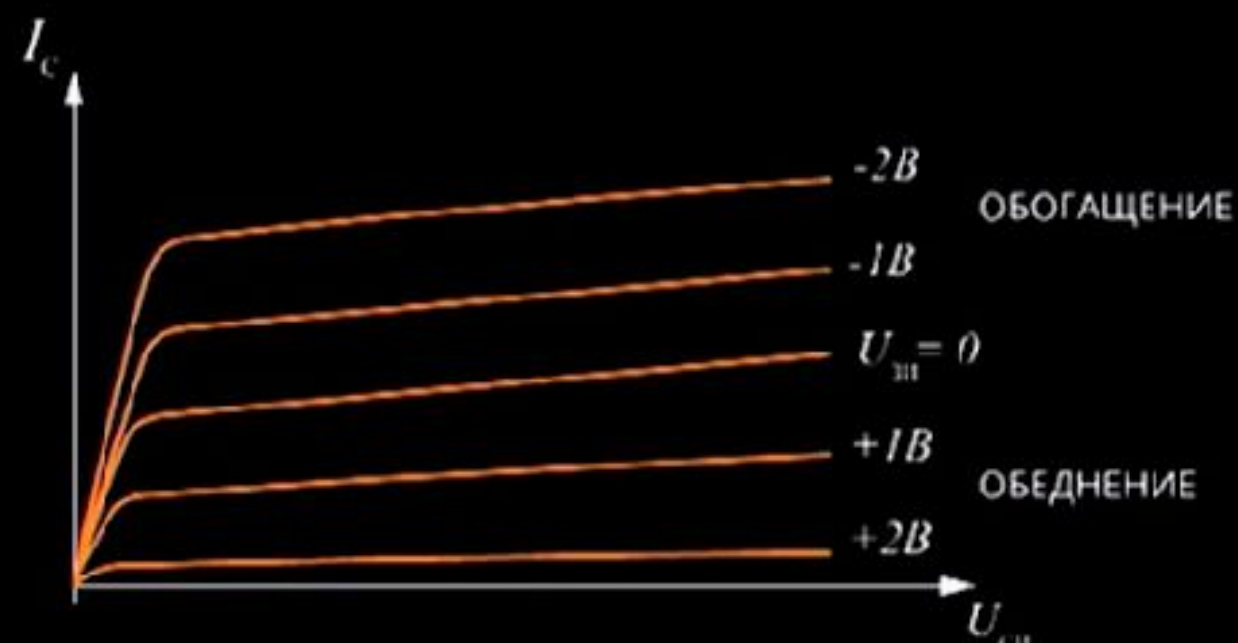
МДП транзисторы со встроенным каналом

В МДП транзисторах со встроенным каналом канал создается в процессе изготовления с тем же типом проводимости, что сток и исток.

Передаточные характеристики:



Выходные характеристики:



$U_{зи} > 0$ – режим обеднения
 $U_{зи} < 0$ – режим обогащения

***Параметры
полевых
транзисторов***

$$S = \left. \frac{dI_c}{dU_{зи}} \right|_{U_{си} = const}$$

Крутизна - характеризует усилительные свойства транзистора (мА/В)

$$r_i = \left. \frac{dU_{си}}{dI_c} \right|_{U_{зи} = const}$$

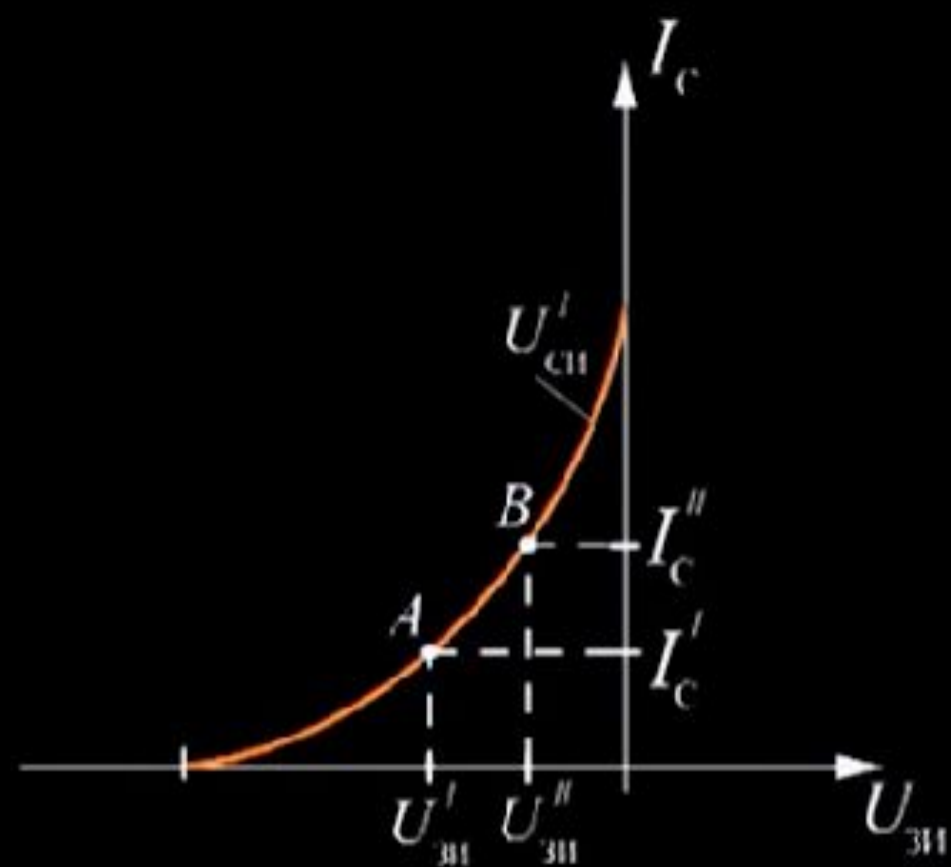
Дифференциальное сопротивление - сопротивление полевого транзистора переменному току.

$$\mu = \left. \frac{dU_{си}}{dU_{зи}} \right|_{I_c = const}$$

Статический коэффициент усиления

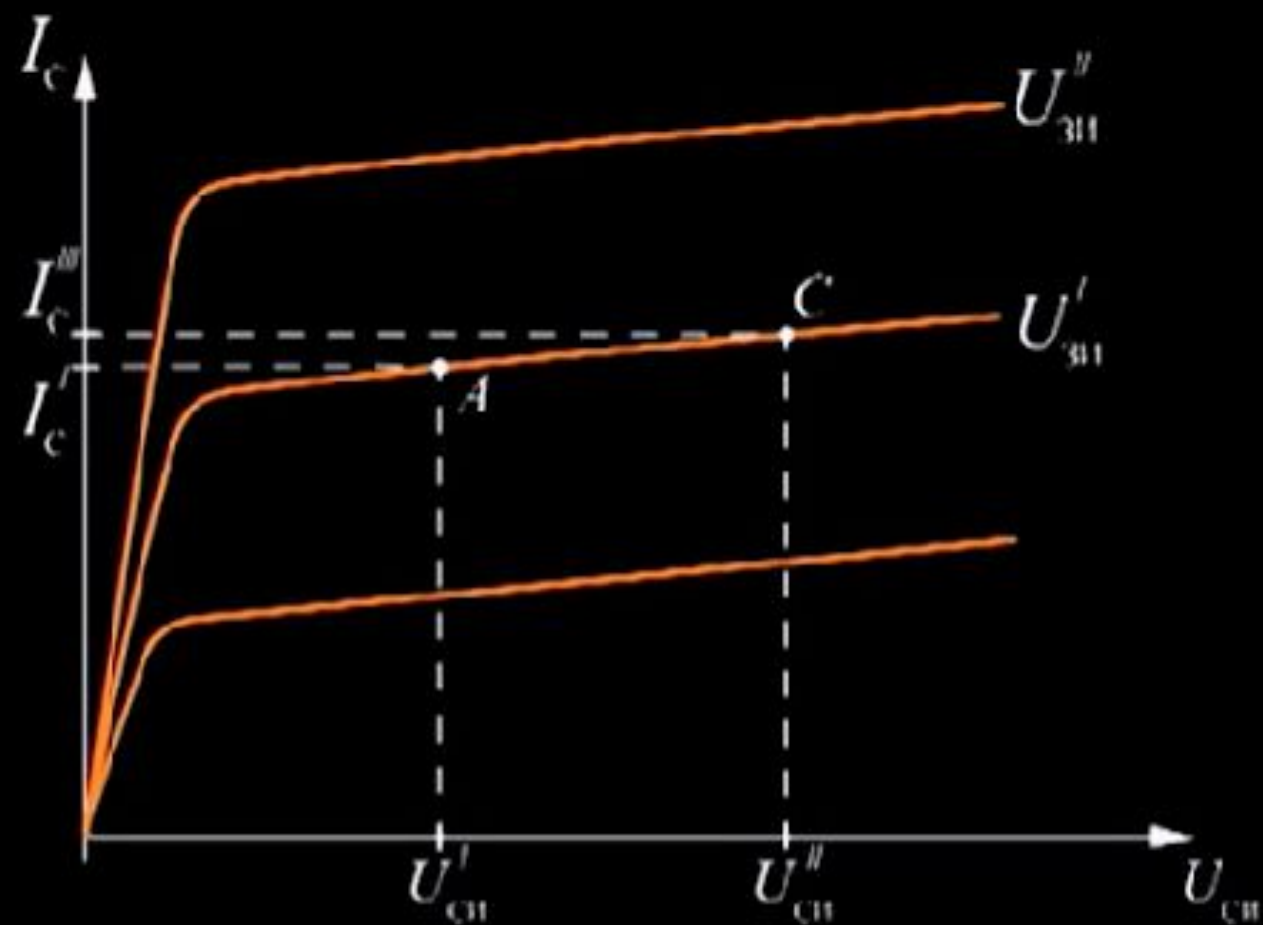
$$\mu = r_i S$$

Крутизну можно определить по передаточной характеристике:



$$S = \frac{I_c^{II} - I_c^I}{U_{си}^{II} - U_{си}^I}$$

r_i можно определить по выходным характеристикам:



$$r_i = \frac{U_{си}^{II} - U_{си}^I}{I_c^{II} - I_c^I}$$

Преимущества полевых транзисторов

1. Высокое входное сопротивление
2. Высокая термическая и радиационная стойкость
3. Большая плотность расположения элементов при изготовлении микросхем

Условные обозначения полевых транзисторов

